



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS EM  
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DE LAJEADO/RS**

Lucas Eduardo Ahne

Lajeado, novembro de 2019

Lucas Eduardo Ahne

## **GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DE LAJEADO/RS**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Etapa II, do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Professor Dr. Odorico Konrad

Lajeado, novembro de 2019

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho de conclusão ao meu pai, Carlito Ahne, que infelizmente, partiu no ano passado e não pode ver o final de minha graduação. Sou eternamente grato a esse homem, que em toda sua vida, me ensinou a andar pelo caminho certo, a jamais aceitar injustiças e o principal: honrar a palavra, quando dada. Se teve alguém que me incentivou a estudar e sempre ir além do que era proposto, foi ele. Daria tudo para poder te dar um abraço de reconhecimento e agradecimento por tudo isso. Esse trabalho de conclusão é pra você, pai.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que sempre me deu saúde e força para superar todas as dificuldades da vida e sempre seguir em frente.

Agradeço ao meu pai Carlito e minha mãe Rosmeri, pela educação que me deram, e por me ensinarem a ser uma pessoa que respeita o próximo, independente da classe social ou raça. Foi com a simplicidade de vocês que aprendi o quão valioso é ser gentil com as pessoas, mesmo que seja com um singelo bom dia ou um sorriso. É incrível, mas são pequenos gestos como esses que podem mudar o dia de alguém. Agradeço de coração, por todo o carinho, respeito, paciência, afeto e cuidado que vocês tiveram comigo durante toda minha vida.

Agradeço ao meu irmão Gabriel por ter vindo ao mundo. Depois de muito tempo não querendo ter um irmão, foi somente após o teu nascimento que vi o quando bom é ter alguém pra chamar de irmão. Não é nada fácil ter a responsabilidade de ter que dar o exemplo para o irmão mais novo. Quero que tu saibas irmão, que podes contar comigo para todo o sempre, independentemente da situação.

Quero agradecer também a minha namorada Suhelen e minha cachorrinha Suzi, que durante esses sete anos de graduação, estiveram diariamente comigo, me incentivando, me amando, me auxiliando e me apoiando de todas as maneiras possíveis. Foram vocês que tiveram que aguentar os meus dias de estresse, de tristeza e de alegria, mas, pra que serve a família, se não para ficar ao nosso lado nos momentos bons, e mais ainda nos ruins?

Confesso que muitas vezes eu pensei em desistir, mas, foram nesses momentos vocês estavam ao meu lado, me dando ânimo para enfrentar tudo com mais força. Se não fosse por vocês, nada disso seria possível. Espero um dia, poder retribuir tudo isso! Meu sincero muito obrigado! Eu amo vocês!

Agradeço também ao meu Pediatra e amigo Sergio Luiz Kniphoff, por todos os conselhos, ensinamentos e oportunidades que me deu durante toda minha graduação. Serei eternamente grato por tudo!

Gostaria de agradecer a Univates, através de seu Reitor Ney José Lazzari, pela oportunidade de presidir o Diretório Central dos Estudantes durante os anos de 2018 e 2019. A experiência desses dois mandatos foi de suma importância para meu crescimento, não só como profissional, mas também como ser humano.

Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador e professor Dr. Odorico Konrad, que, desde a minha primeira disciplina de Introdução a Engenharia Ambiental, em 2013, foi a figura que mais me motivou a seguir na área ambiental, pois realmente vive o que prega em sala de aula.

Agradeço também aos meus professores de Engenharia Ambiental, Dr. Guilherme Garcia de Oliveira, Dra. Maria Cristina de Almeida Silva, Ms. Marcelo Kronbauer, Ms. Rafael Eckhardt, Ms. Camila Hasan e demais professores, por todo empenho, determinação, paciência e conhecimento transmitido durante esses sete anos de graduação.

Minha eterna gratidão aos meus colegas de curso, pela amizade, saídas campo, companheirismo nas aulas, boas risadas e troca de experiências, não só dentro da instituição, mas fora dela também. As parcerias, churrascos e pescarias ficarão para sempre!

A todos aqueles que contribuíram de certa forma com a minha graduação, meu eterno muito obrigado!

## RESUMO

Nos últimos anos, ficou evidente a melhora de vida dos brasileiros. A partir disso, diversos estudos apontam que o consumo per capita das pessoas aumenta, e, conseqüentemente, a quantidade de resíduos sólidos urbanos. Com uma maior geração de resíduos, a falta de áreas para destinação final adequada dos mesmos torna-se um grave problema social e ambiental, visto que, o gerenciamento destes resíduos, no Brasil, é extremamente deficitário. Como uma possível solução desses problemas, a partir da separação dos resíduos orgânicos, é possível aumentar a porcentagem de reciclagem dos resíduos secos, diminuindo relativamente à quantidade de resíduos que vão para os aterros sanitários. A partir disso, a compostagem torna-se uma alternativa para a destinação dos resíduos orgânicos domiciliares, pois apresenta algumas vantagens devido à instalação do sistema e disposição do composto ocorrer no mesmo local onde é gerado o resíduo, trazendo economia de recursos e de mão de obra. O presente estudo visou realizar a gestão dos resíduos sólidos de um condomínio residencial do município de Lajeado, além de mostrar que é possível desenvolver um sistema de compostagem que funcione e auxilie na destinação correta dos resíduos sólidos orgânicos da população. O estudo foi feito durante os meses de julho, agosto, setembro e outubro, onde obteve-se como média semanal, 48,50 kg de resíduos e 0,65 m<sup>3</sup> de volume. Os resultados obtidos na caracterização gravimétrica apontaram que o condomínio gera em média 48% de resíduos orgânicos, 42% de resíduos recicláveis e 10% de rejeitos. Para o tratamento da matéria orgânica, foi estruturado um protótipo de composteira, visando à degradação dos 48% de resíduos gerados. Também foram estruturados locais para acondicionamento dos resíduos recicláveis e perigosos. Os resíduos considerados rejeitos, foram dispostos diretamente nas lixeiras municipais, localizadas em frente ao residencial. Visando incentivar os moradores a separar seus resíduos domiciliares, foi produzido um manual de procedimentos de gestão de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos, feito exclusivamente para os moradores do residencial.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos domésticos. Condomínio residencial. Compostagem. Caracterização gravimétrica.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Geração de RSU no Brasil .....	21
Figura 2 – Quantidade de RSU gerados na região sul do Brasil .....	22
Figura 3 – Coleta de RSU no Brasil .....	22
Figura 4 – Índice de cobertura da coleta de RSU (%) .....	23
Figura 5 – Modelo ideal de separação de resíduos sólidos domésticos .....	24
Figura 6 – Célula do aterro sanitário de Lajeado.....	29
Figura 7 – Ciclo da matéria orgânica.....	35
Figura 8 – Modelo de compostagem de fabricação doméstica .....	36
Figura 9 – Esquemas de revolvimento de leiras.....	37
Figura 10 – Esquema representativo de compostagem, considerando o método de leiras estáticas com aeração passiva.....	38
Figura 11 – Esquema representativo de compostagem, considerando o método de leiras estáticas com aeração forçada .....	39
Figura 12 – Modelo de compostagem de fabricação doméstica .....	43
Figura 13 – Sistema que é considerado de baixo custo, etapa de alimentação (A) e maturação (B).....	44
Figura 14 – Variação de temperatura na leira em função do tempo de compostagem .....	46
Figura 15 – Município de Lajeado e cidades vizinhas .....	52
Figura 16 – Local coberto onde foi executada a gravimetria dos resíduos sólidos do condomínio residencial.....	55
Figura 17 – Veículo utilizado pelo autor para o recolhimento dos resíduos do condomínio residencial.....	56
Figura 18 – Balança que será utilizada na pesagem dos resíduos domiciliares .....	57
Figura 19 – Lona plástica que foi utilizada no estudo.....	58
Figura 20 – Balde e tambor que foram utilizados no presente estudo .....	58

Figura 21 – Modelo de protótipo para acondicionamento de resíduos orgânicos .....	59
Figura 22 – Pá de bico que será utilizada no revolvimento da matéria orgânica.....	60
Figura 23 – Porcentagem das tipologias de resíduos gerados no condomínio residencial, na primeira semana de estudo .....	64
Figura 24 – Porcentagens de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial .....	65
Figura 25 – Porcentagem das tipologias de resíduos gerados no condomínio residencial, na segunda semana de estudo .....	68
Figura 26 – Porcentagens de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial .....	69
Figura 27 – Porcentagens das tipologias de resíduos gerados no condomínio residencial, na terceira semana de estudo .....	71
Figura 28 – Porcentagens de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial .....	72
Figura 29 – Porcentagens das tipologias de resíduos gerados no condomínio residencial, na quarta semana de estudo .....	75
Figura 30 – Porcentagens de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial .....	76
Figura 31 – Média das tipologias encontradas durante as quatro semanas de estudo .....	80
Figura 32 – Porcentagens médias de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial nas quatro semanas de estudo.....	81
Figura 33 – Comprimento, largura e altura da composteira construída para acondicionar resíduos orgânicos do condomínio residencial .....	82
Figura 34 – Protótipo construído para receber os resíduos orgânicos gerados no condomínio residencial.....	83
Figura 35 – Dicas para manter a composteira sempre da maneira ideal .....	84
Figura 36 – Matéria orgânica em julho e matéria orgânica em outubro de 2019 .....	85
Figura 37 – Local onde serão acondicionados os resíduos recicláveis do condomínio residencial .....	86
Figura 38 – Lixeira onde é realizada a coleta dos resíduos sólidos dos moradores do residencial .....	87
Figura 39 – Local onde serão acondicionados os resíduos perigosos do condomínio residencial .....	88
Figura 40 – Página 01 do Manual de procedimentos de gestão de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos do condomínio residencial.....	90
Figura 41 – Página 02 do Manual de procedimentos de gestão de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos do condomínio residencial.....	91



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens dos aterros sanitários .....	28
Quadro 2 – Problemas durante o processo de compostagem .....	34
Quadro 3 – Informações comparativas dos métodos de compostagem.....	41
Quadro 4 – Causas e consequências de certos valores da relação carbono e nitrogênio.....	48
Quadro 5 – Dias da coleta seletiva do município de Lajeado.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resíduos que podem ou não serem colocados na composteira .....	33
Tabela 2 – Temperaturas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias, em °C.....	46
Tabela 3 – Propriedades importantes de diversos resíduos orgânicos populares na compostagem.....	48
Tabela 4 – Pesagem e medição de volume dos resíduos recolhidos na primeira semana de estudo.....	62
Tabela 5 – Caracterização gravimétrica dos resíduos do condomínio residencial, realizada na primeira semana de estudo .....	63
Tabela 6 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido na primeira semana de estudo .....	65
Tabela 7 – Pesagem e medição de volume dos resíduos recolhidos na segunda semana de estudo.....	66
Tabela 8 – Caracterização gravimétrica dos resíduos do condomínio residencial, realizada na segunda semana de estudo.....	67
Tabela 9 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido na segunda semana de estudo .....	68
Tabela 10 – Pesagens e medição de volume dos resíduos recolhidos na terceira semana de estudo.....	70
Tabela 11 – Caracterização gravimétrica dos resíduos do condomínio residencial, realizada na terceira semana de estudo .....	70
Tabela 12 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido na terceira semana de estudo .....	72
Tabela 13 – Pesagens e medição de volume dos resíduos recolhidos na quarta semana de estudo.....	73
Tabela 14 – Caracterização gravimétrica dos resíduos do condomínio residencial, realizada na quarta semana de estudo .....	74
Tabela 15 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido na quarta semana de estudo.....	75

Tabela 16 – Média de massa e volume no condomínio residencial em estudo .....	76
Tabela 17 – Tipologias e média geradas nas semanas de estudo.....	78
Tabela 18 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido nas semanas de estudo .....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RSU	Resíduos sólidos urbanos
ART	Artigo
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
COV	Compostos orgânicos voláteis
CH <sub>4</sub>	Gás Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
m	Metros
C/N	Carbono e nitrogênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
°C	Graus Celsius
Km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
RS	Rio Grande do Sul
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
EPI's	Equipamentos de proteção individual
Sáb	Sábado
Qnt	Quantidade
Últ	Último
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Resíduos Sólidos Urbanos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1 Classificação dos resíduos sólidos.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2 Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.3 Coleta de resíduos sólidos urbanos.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Geração de resíduos sólidos domésticos.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Métodos de tratamento e destinação de resíduos sólidos domésticos .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.1 Incineração de resíduos sólidos urbanos.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2 Disposição final de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3 Reciclagem de resíduos sólidos urbanos.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.3.1 Coleta seletiva .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.4 Compostagem de resíduos sólidos urbanos.....</b>	<b>32</b>
<b>2.4 Tecnologias para o processo de compostagem .....</b>	<b>35</b>
<b>2.4.1 Compostagem com Revolvimentos de Leiras .....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.2 Compostagem em Leiras Estáticas .....</b>	<b>37</b>
<b>2.4.3 Compostagem em Reatores .....</b>	<b>40</b>
<b>2.4.4 Compostagem individual/coletiva.....</b>	<b>42</b>
<b>2.5 Fatores que influenciam o processo de compostagem.....</b>	<b>44</b>
<b>2.5.1 Aeração .....</b>	<b>44</b>
<b>2.5.2 Temperatura.....</b>	<b>45</b>

2.5.3 Umidade .....	47
2.5.4 Relação Carbono/Nitrogênio .....	47
2.5.5 pH .....	48
2.5.6 Granulometria .....	49
2.5.7 Microorganismos .....	50
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	51
3.1 Caracterização da cidade de Lajeado/RS .....	51
3.1.1 Gestão de resíduos no município de Lajeado .....	52
3.2 Caracterização do condomínio em estudo .....	53
3.3 Quantificação gravimétrica dos resíduos gerados no condomínio .....	54
3.3.1 Materiais utilizados .....	57
3.4 Protótipo de tratamento dos resíduos orgânicos do condomínio .....	59
3.5 Metodologia utilizada no processo de compostagem .....	60
3.6 Avaliação dos resíduos orgânicos gerados no condomínio .....	61
3.7 Estruturação de locais de acondicionamento de resíduos passíveis de serem reciclados, resíduos perigosos e rejeitos .....	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	62
4.1 Caracterização gravimétrica .....	62
4.1.1 Primeira semana de caracterização gravimétrica .....	62
4.1.2 Segunda semana de caracterização gravimétrica .....	66
4.1.3 Terceira semana de caracterização gravimétrica .....	69
4.1.4 Quarta semana de caracterização gravimétrica .....	73
4.1.5 Média das caracterizações gravimétricas .....	76
4.2 Protótipo para tratamento dos resíduos sólidos orgânicos do condomínio residencial .....	82
4.3 Avaliação do protótipo desenvolvido .....	83
4.4 Local de acondicionamento dos resíduos passíveis de reciclagem .....	86
4.5 Local de acondicionamento dos resíduos considerados rejeitos .....	87
4.6 Local de acondicionamento de resíduos perigosos .....	87
4.7 Incentivo ao descarte adequado dos resíduos orgânicos e inorgânicos dos moradores do condomínio residencial .....	89
5 CONCLUSÕES .....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95

## 1 INTRODUÇÃO

A relação do ser humano sobre o meio ambiente é muito antiga, tal qual como a sua história. O uso dos recursos naturais como fonte de manutenção da vida, para sua necessidade e existência, se intensificou muito nos últimos séculos.

O avanço demográfico, a formação de novas práticas, hábitos, costumes, a melhora do nível de vida das pessoas, somado ao desenvolvimento industrial, são alguns dos fatores responsáveis pela quantidade de alterações nas características dos resíduos sólidos, dificultando sua degradação e destinação final.

O tema resíduos sólidos, nas últimas décadas, foi intensamente debatido em função de seus grandes impactos negativos ao meio ambiente. Esse, que é um dos maiores e mais urgentes problemas atuais do Brasil, está relacionado à geração e também à disposição inadequada dos resíduos sólidos do país.

O inapropriado gerenciamento destes resíduos tende a resultar nos mais diversos riscos para a qualidade de vida da sociedade, onde, ao mesmo tempo, surgem problemas de saúde pública e se transformam em fator de risco ao meio ambiente, além dos problemas de aspectos sociais, econômicos e políticos.

Diversas técnicas para o tratamento dos resíduos se mostraram importantes na procura por soluções para esse problema. Temos exemplos de métodos utilizados e que vem dando certo, como a compostagem e a reciclagem dos resíduos gerados.

Segundo Bley Jr. (2001) apud Junkes (2002), no início do século XXI, os resíduos sólidos domiciliares tinham uma parte orgânica significativa no composto,

tendo em média 50% do peso total, somado a cerca de 35% por resíduos industrialmente recicláveis e o restante, cerca de 15%, que são considerados rejeitos, devendo os mesmos serem descartados em aterros sanitários devidamente licenciados.

Em um levantamento elaborado por Konrad, Casaril e Schmitz (2010), foi constatado que, no município de Lajeado, a porcentagem do peso do material orgânico dos resíduos sólidos domésticos da coleta regular, representa cerca de 46%. Os aproximados 20% dos resíduos da coleta, são considerados resíduos passíveis de reciclagem. O restante, como fraldas (11%), plástico filme (9%), papel higiênico (8%), trapos, madeira, isopor e rejeitos (6%), completam a informação da composição gravimétrica do referido município.

A mudança de alguns hábitos, incorporado a pequenas atitudes no dia-a-dia, por mais que pareçam inúteis, podem ter um impacto significativo na preservação do meio ambiente. Citando um grande exemplo, pode-se frisar a separação do lixo doméstico. No início, essa tarefa pode parecer muito trabalhosa, pois envolve uma mudança de postura, hábitos e um cuidado diferencial com os resíduos, mas, após essas primeiras mudanças de hábitos e cuidados, a ação de separação de resíduos passa a ser automática.

Quando os cidadãos tornam-se cientes do seu poder e dever de separar os próprios resíduos, ambos passam a contribuir ativamente, trazendo os mais diversos tipos de benefícios ao meio ambiente. Materiais, que antes iam diretamente para as células dos aterros sanitários, podem ser reciclados, ocasionando economia de recursos financeiros e naturais. Resíduos orgânicos, que antes contaminavam os materiais passíveis de reciclagem, podem virar adubo, utilizando a compostagem como manejo do mesmo.

Segundo Kiehl (1998), a palavra compostagem vem do vocábulo “compost”, proveniente da língua inglesa e aponta o fertilizante orgânico preparado a partir de restos vegetais e animais. Garcez e Garcez (2010) manifestam que, a compostagem é o sistema de reciclagem de produtos orgânicos da própria natureza. A matéria orgânica é transformada em seus componentes originais, devolvendo os nutrientes para o solo.



Segundo a Lei 12.305 (2010) que discorre sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu Art. 3º, é definido que a compostagem é classificada como uma destinação de resíduo ambientalmente adequada.

A compostagem se define, segundo Kiehl (1998), como um processo controlado de decomposição através de microorganismos, de oxidação e oxigenação de uma massa de matéria orgânica, que se encontra no estado sólido ou úmido, e que passa por diversas fases. Durante o processo, a produção de calor ocorre e o desprendimento, em sua maioria, através de gás carbônico e vapor d'água.

Através da compostagem, dois importantes componentes são gerados: os sais minerais, onde contém diversos nutrientes benéficos para as raízes das plantas, e húmus, um tipo de condicionador e melhorador das propriedades do solo, biológicas, físicas e físico-químicas (KIEHL, 1998).

Barros (2013) salienta que os resíduos sólidos urbanos englobam uma heterogeneidade de materiais das mais diversas atividades do dia-a-dia da população. No entanto, uma grande parcela deste montante é possível ser reciclada, evitando que se utilize boa parcela de espaço em aterros sanitários ou ter o gasto de recursos naturais e energia.

A separação dos resíduos sólidos diretamente nas famílias, cada qual em sua própria residência, influencia e muito na quantidade de resíduos que um município gera e recicla. Compostando os resíduos orgânicos, a quantidade de resíduo passível de ser reciclado aumenta, tendo assim, um aproveitamento imensamente superior ao de resíduos sem alguma separação prévia nas residências.

Diante disso, a separação de resíduos orgânicos domésticos torna-se um tema de suma importância a ser debatido em qualquer grupo, comunidade ou sociedade. A participação das populações brasileiras na gestão de seus resíduos sólidos urbanos (RSU's) tem suma importância na minimização da geração de resíduos, pois é através da separação dos mesmos que a vida útil dos aterros sanitários é prolongada.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Elaborar um modelo gestão de resíduos sólidos domésticos, como forma de atingir alta eficiência no tratamento dos resíduos sólidos domésticos de um condomínio localizado no município de Lajeado/RS.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Realizar a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos gerados pelos moradores do residencial;
- Desenvolver um protótipo para tratamento dos resíduos sólidos orgânicos do condomínio residencial;
- Avaliar o protótipo desenvolvido, a fim de obter o tratamento biológico dos resíduos orgânicos;
- Estruturar locais de condicionamento dos resíduos passíveis de serem reciclados, perigosos e rejeitos;
- Incentivar o descarte adequado dos resíduos orgânicos e inorgânicos do condomínio e mostrar os resultados de geração de resíduos dos moradores do residencial.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Resíduos Sólidos Urbanos

Naime (2010) salienta que a palavra resíduo, tem derivação do latim *residuu*, que significa o que sobra de determinada substância. A palavra sólida é incorporada para diferenciar dos líquidos e gases. A palavra lixo vem do latim *lix*, que significa *lixívia* ou *restoll*.

No que se refere o termo lixo, Gonçalves (2005), traz um conceito similar ao de resíduo sólido:

Lixo é designado como todo material inútil, descartável, que se joga fora, geralmente, posto em lugar público, por isso pode-se dizer que é um material mal-amado, dispensável. O lixo pode ser composto por: material orgânico (sobras de comidas), o que representa cerca de 65% a 70% do total do lixo produzido nos países chamados de Terceiro Mundo; rejeitos (lixo de banheiro, pilhas, lâmpadas) que perfazem apenas cerca de 5% da massa total dos resíduos, isto é, o lixo propriamente dito que não é passível de reciclagem, reuso ou compostagem; e materiais recicláveis (plásticos, papéis, metais e vidros), que compõem aproximadamente 25% a 30% do peso total do lixo, mas que representa a maior parcela em volume (GONÇALVES, 2005).

Segundo o que preconiza a Lei Federal 12.305 (2010), que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, a definição de resíduos sólidos é a seguinte:

Art. 3, inciso XVI - material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólidos, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cuja particularidade tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (LEI FEDERAL nº 12.305, 2010).

Costa, Alfaia e Campos (2019) informam que, a produção de resíduos sólidos urbanos tem relação direta com o desenvolvimento das atividades humanas. No mundo, os avanços tecnológicos e a urbanização levaram a população ao aumento do consumo de produtos e, conseqüentemente, o aumento expressivo do volume de resíduos que são descartados anualmente.

Segundo Hoornweg e Bhada-Tata (2012), mais de um bilhão de toneladas de resíduos são produzidos no mundo todos os anos, e este volume deve aumentar com o passar dos anos, podendo atingir cerca de 2,2 bilhões de toneladas/ano até 2025.

### **2.1.1 Classificação dos resíduos sólidos**

Conforme o que preconiza a NRB 10004 (2004) da ABNT, os resíduos sólidos são classificados de acordo com seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. São eles:

Classe I – Perigosos: Aqueles que apresentam periculosidade, ou uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, apresentando risco à saúde pública e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

Classe II A – Não perigosos (Não inertes): Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos da classe I (Perigosos) ou de resíduos da classe II B (Inertes). Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Classe II B – Não perigosos (Inertes): Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT 10004, 2004).

A lei 12.305 (2010), Lei da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, nos traz que, em seu art. 13, a classificação dos resíduos sólidos quanto à sua origem, é a seguinte:

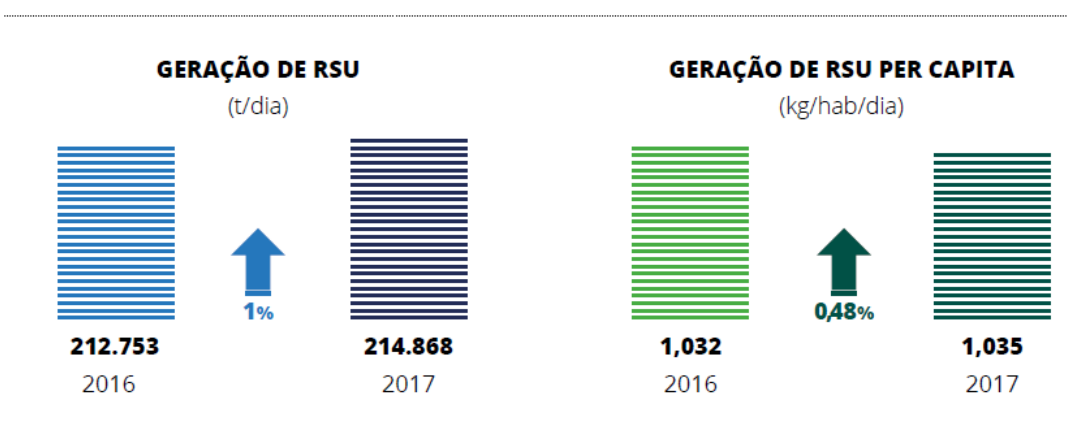
- ✓ Resíduos sólidos urbanos: englobam os resíduos domiciliares, originários de atividades domésticas em residências urbanas e os da limpeza urbana, advindos da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- ✓ Resíduos sólidos industriais: aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- ✓ Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico: os gerados nessas atividades excetuados os resíduos sólidos urbanos;
- ✓ Resíduos sólidos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- ✓ Resíduos sólidos de construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil incluída os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- ✓ Resíduos Agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluindo os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- ✓ Resíduos de Serviços de Transporte: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários, ferroviários e passagens de fronteira;
- ✓ Resíduos de Mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração e beneficiamento de minério.

### 2.1.2 Geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil

Conforme Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2017), a população brasileira teve um acréscimo de 0,75% na geração de resíduos sólidos urbanos, entre os anos de 2016 e 2017, onde ao mesmo tempo a geração per capita de RSU teve um acréscimo de 0,48%.

A geração total de resíduos teve um acréscimo de 1% durante este mesmo período, tendo o país uma soma total de 78,4 milhões de toneladas durante o ano de 2017, alcançando uma média total de 214.868 toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos. Na figura 1, os aumentos das médias de geração de RSU e de geração de RSU per capita no Brasil.

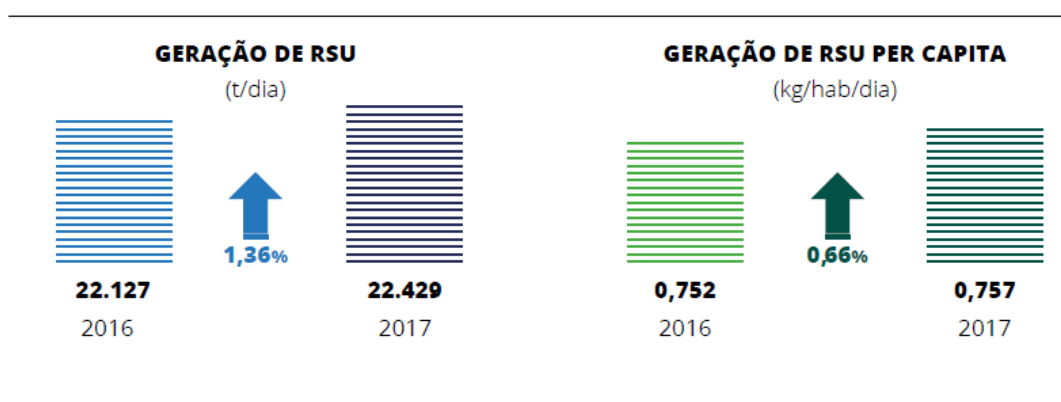
Figura 1 – Geração de RSU no Brasil



Fonte: Abrelpe (2017).

Na região sul, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2017) traz que, as 1.911 cidades geraram, em 2017, 22.429 toneladas por dia de resíduos sólidos. A geração de RSU, entre os anos de 2016 e 2017, aumentou 1,36%, enquanto a geração de RSU per capita aumentou 0,66% no mesmo período, conforme é possível visualizar na figura 2.

Figura 2 – Quantidade de RSU gerados na região sul do Brasil

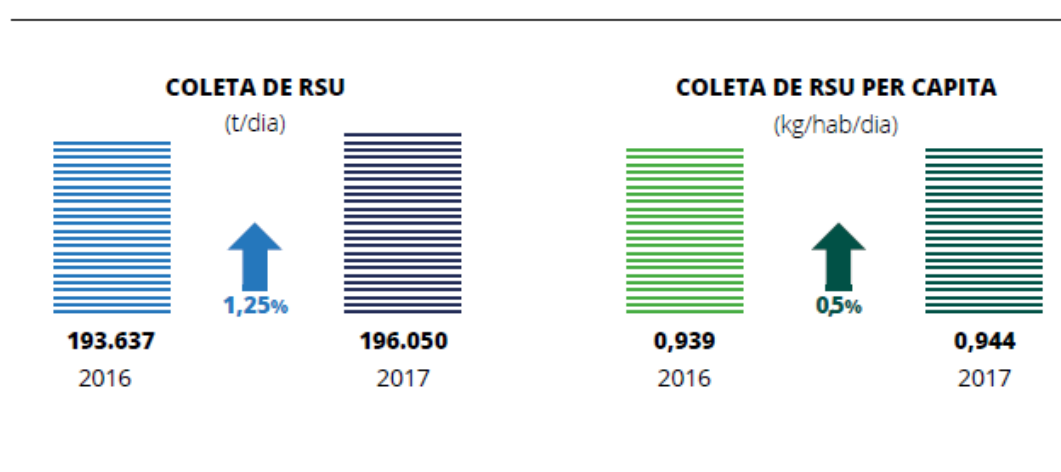


Fonte: Abrelpe (2017).

### 2.1.3 Coleta de resíduos sólidos urbanos

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2017), torna público que a quantidade de RSU coletada, por dia, em 2017, teve um acréscimo de 1,25% em comparação a 2016, assim como a média da coleta de RSU per capita diária, que teve o acréscimo de 0,5% em comparação ao mesmo período, possível de ser visualizada na figura 3.

Figura 3 – Coleta de RSU no Brasil

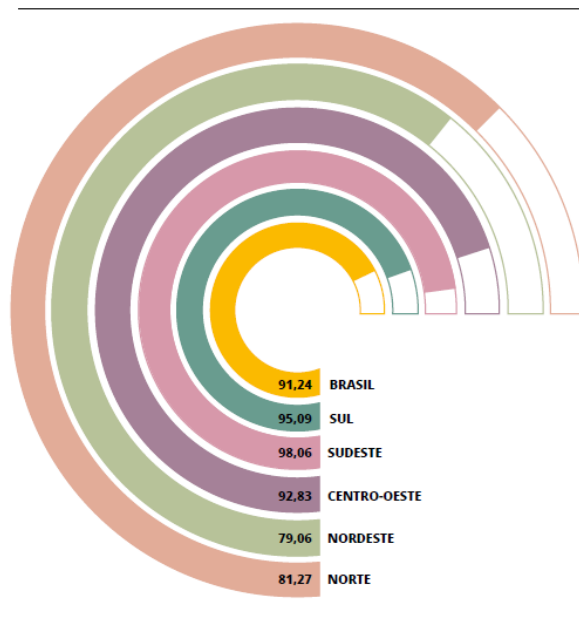


Fonte: Abrelpe (2017).

O montante total coletado em 2017 foi de 71,6 milhões de toneladas, da qual abrange cobertura de 91,2% dos municípios brasileiros. Isso deixa evidente que, 6,9

milhões de toneladas de resíduos não foram coletados e assim, como consequência, tiveram destinação imprópria. Além da cobertura de coleta brasileira, a figura 4 apresenta a cobertura de coleta de RSU por região.

Figura 4 – Índice de cobertura da coleta de RSU (%)



Fonte: Abrelpe (2017).

## 2.2 Geração de resíduos sólidos domésticos

Abramovay et al., (2013) salienta dados referentes ao crescimento da população e sua geração de resíduos. Durante a década de noventa, entre os anos de 1991 e 2000, a população brasileira teve um crescimento de 15,6%, e o descarte de resíduos cresceu 49%. Em 2009, a população brasileira cresceu 1%, já a produção de resíduos, 6%.

Se tratando de um cenário regional, alguns estudos apontam valores menores aos encontrados no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul. Segundo Konrad et al., (2014), os resíduos tratados via um consórcio de 30 municípios do interior do rio grande do sul, em 2011, alcançou o valor de 0,44 kg como média de geração de resíduos por habitante, por dia.



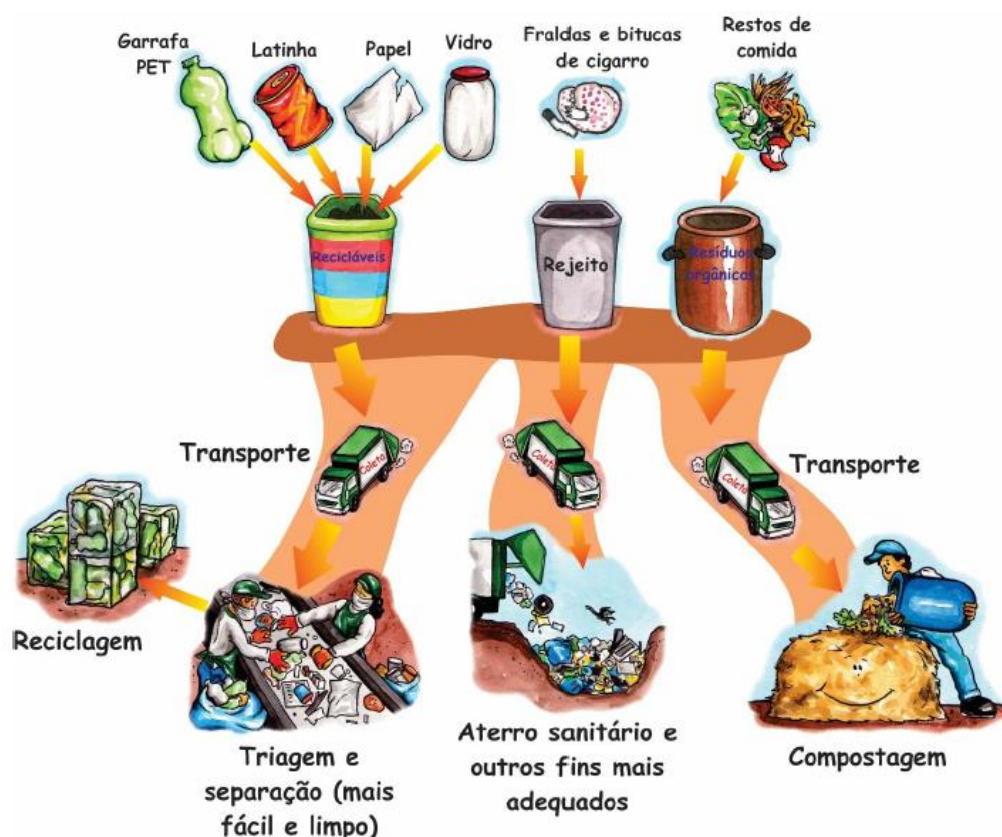
Em estudo similar, Konrad, Casaril e Schmitz (2010), obtiveram valores de um município do interior do Rio Grande do Sul, que alcançou a média de 0,6 kg de resíduos por habitante/dia.

### 2.3 Métodos de tratamento e destinação de resíduos sólidos domésticos

Conforme Monteiro et al., (2001), o tratamento que tem mais eficácia é o tratamento executado pela própria população, quando está interessada em diminuir a quantidade de resíduos, evitando o desperdício, fazendo o reaproveitamento dos materiais, separando seus resíduos que são passíveis de reciclagem em casa, além de se desfazer do lixo que produz, da maneira mais correta.

Na figura 5, visualiza-se como deveria ocorrer a separação dos resíduos sólidos domésticos e suas respectivas destinações.

Figura 5 – Modelo ideal de separação de resíduos sólidos domésticos



Fonte: Brasil (2017).

### **2.3.1 Incineração de resíduos sólidos urbanos**

Obroucka (2003) salienta que, do ponto de vista ambiental, é possível afirmar que a combustão é uma das maneiras mais seguras de se dispor os resíduos sólidos municipais e perigosos. Para muitos tipos de resíduos, essa é a única maneira possível de eliminação com segurança.

As grandes vantagens de incinerar resíduos, em comparação com os outros métodos, é a grande redução do seu volume original, além de uma redução com grande relevância da quantidade de contaminantes, o que torna ideal as condições de disposição final de resíduos, após a combustão dos mesmos (OBROUCKA, 2003).

No Brasil, o primeiro incinerador municipal foi instalado em 1896, na cidade de Manaus, localizada no estado de Amazonas. Processava cerca de 60 toneladas por dia de resíduos domésticos, sendo desativado apenas em 1958, em função de problemas com a manutenção. Um equipamento semelhante foi instalado na cidade de Belém, no Pará, e desativado em 1978 por motivos semelhantes aos ocorridos em Manaus (MENEZES, 2000).

Segundo Monteiro et al., (2001), existem, atualmente, poucas usinas de incineração existentes no Brasil, que são utilizadas apenas para incineração de resíduos provenientes de serviços de saúde e aeroportos, mas, de maneira geral, não atendem aos requisitos ambientais preconizados na legislação brasileira. Diversas unidades de tratamento térmico desses resíduos vem sendo instaladas com mais frequência em alguns municípios brasileiros, mas, os investimentos nessa área ainda são muito altos.

Cabe salientar que, segundo CONAMA nº 358 (2005), a incineração, apesar de ser julgada como o melhor método de tratamento e de disposição final de resíduos de serviços de saúde, não é obrigatória como meio de tratamento, inclusive pode estar ligada, quando não operada de maneira correta, à emissões de gases poluentes danosos e de material particulado ao meio ambiente.

Monteiro et al., (2001) comenta que, dentre os benefícios da incineração de resíduos sólidos, há grande relevância na redução do volume necessário para

disposição em aterros sanitários, tornando o resíduo totalmente inerte em pouco tempo, se incinerado de maneira correta.

A recuperação de energia durante a queima dos resíduos pode ser empregada na produção de eletricidade ou combinada com calor e energia. Pode substituir energia e as emissões das estações de energia, além do processo evitar a emissão de metano que poderia aumentar com a disposição final dos resíduos sólidos em aterros sanitários. Sua instalação e funcionamento são, na maioria das vezes, onerosos, principalmente em função da necessidade de filtros e implementos com tecnologia sofisticada, a fim de diminuir ou extinguir a poluição do ar, que é provocada pelos gases gerados durante a queima do resíduo (MONTEIRO et al., 2001).

Segundo Makarichi, Jutidamrongphan e Techato (2018), a incineração de resíduos sólidos urbanos desempenha uma função fundamental, não só na gestão do volume dos resíduos, mas também na recuperação de energia que pode ser utilizada para suplementar os métodos tradicionais. Com mais de 80% do total da energia global sendo suprida por combustíveis fósseis, a incineração pode desempenhar um ótimo papel na compensação desse consumo e no aumento de energia, além de, ao mesmo tempo, ajudar no tratamento dos resíduos sólidos.

Kowalski, Kasina e Michalik (2016) salientam que, através do tratamento por incineração, os resíduos sólidos podem ter uma redução de 90% de seu volume e 70% de sua massa.

### **2.3.2 Disposição final de resíduos sólidos urbanos em aterro sanitário**

Monteiro et al., (2001) salienta que a técnica mais indicada para a disposição final adequada dos resíduos domiciliares é o aterro, tendo dois tipos: os aterros sanitários e os aterros controlados. A diferença entre ambos, é que o aterro controlado dispensa da coleta e tratamento do chorume, assim como da drenagem e queima do biogás. O cerne deste parágrafo será voltado ao aterro sanitário, dado que, os aterros sanitários são a solução tecnicamente mais indicada para a disposição final dos resíduos sólidos.

Segundo a legislação, a definição técnica para aterro sanitário é apresentada na NBR 8419 de 1992 (ABNT, 1992):

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário. (ABNT, 1992).

Segundo Miao et al., (2019), existem diversos métodos para eliminar os RSU, entre eles, incineração, aterros sanitários, compostagem, entre outros. Para Renou et al., (2008), o aterro sanitário é amplamente aceito em todo mundo, em função de suas vantagens econômicas. Entretanto, o aterro sanitário é o método que gera uma grande quantidade de lixiviado, contendo altas concentrações de contaminantes. Assim, o lixiviado do aterro sanitário tem grande possibilidade de poluir o meio ambiente, se não for tratado da devida maneira (BUTT et al., 2014).

Os aterros sanitários, sem recuperação de energia ou sistemas de controle de emissão, causam diversos problemas a saúde e ao meio ambiente, como o gás de efeito estufa, contaminações do solo e de águas subterrâneas (TAN et al., 2014).

Aterros sanitários são unidades que tem sido abundantemente utilizadas no território brasileiro, em função de ser uma das formas mais econômicas e ambientais mais seguras para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. Entretanto, o aterro sanitário, que é um local de disposição final de resíduos, pode ser também apontado como uma técnica de tratamento de resíduos sólidos, visto que, sob forma de um reator anaeróbio, opera processos físicos, químicos e microbiológicos para transformar a massa dos resíduos em material mais estável (RECESA, 2010 apud FADE, 2013).

Diversas vezes, o resíduo municipal apresenta um teor de umidade de 15 a 40%, no entanto, dependendo das condições climáticas, o teor de umidade pode subir até 70% (OZCAN et al., 2016). A presença de umidade na matéria orgânica faz com que o resíduo seja um ambiente propício para o desenvolvimento de diversos microorganismos, entre eles, bactérias, fungos e vírus (CYPROWSKI et al., 2019).

Os aterros sanitários apresentam, se comparado a outras maneiras de destinação final de resíduos, diversas vantagens e desvantagens, conforme o quadro 1 (CETESB, 1997).

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens dos aterros sanitários

Vantagens	Desvantagens
Custo de investimento é muito menor que o requerido por outras formas de tratamento de resíduos	Não trata os resíduos, consistindo em uma forma de armazenamento no solo.
Apresenta poucos rejeitos ou refugos a serem tratados em outras instalações	A operação sofre ação das condições climáticas
Custo de operação muito menor que o requerido pelas instalações de tratamento de resíduos	Apresenta risco de contaminação do solo e da água subterrânea
Simplicidade operacional	Requer áreas cada vez maiores
Flexibilidade operacional, sendo capaz de operar bem mesmo ocorrendo flutuações nas quantidades de resíduos a serem aterradas	

Fonte: Adaptado pelo autor baseado em Cetesb (1997).

Perante a legislação brasileira, um aterro sanitário, para ser considerado ambientalmente adequado, deve conter um sistema de impermeabilização eficaz, onde os resíduos sólidos ficam isolados do solo natural, visando minimizar a percolação de lixiviados e a fuga de biogás para a atmosfera, ambos resultantes dos processos que ocorrem (MANSOR et al., 2010).

As emissões de gases dos aterros sanitários trazem diversas preocupações ambientais. Ambos contam com uma grande quantidade de compostos, entre eles, os mais importantes são o metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e várias misturas de poluentes, incluindo compostos orgânicos voláteis (COV's) (BIAN, XIN e CHAI, 2018).

Além disso, Mansor et al., (2010), menciona que a célula do aterro sanitário tem a necessidade de contar com um sistema de drenagem de águas pluviais e também um sistema de cobertura, da qual deve ser composto por camadas de terra,

aplicadas acima dos resíduos já compactados, com o intuito de dificultar a infiltração de águas pluviais, a disseminação de materiais leves pela ação do vento, o contato de catadores e animais, além de evitar a propagação de vetores.

O aterro sanitário de Lajeado fica localizado no final da Avenida Benjamin Constant, no bairro Conventos. Lajeado, produz cerca de 53 toneladas de resíduos por dia, levando em consideração a média dos 365 dias do ano de 2017. Destes, estima-se, que sejam 50% resíduos orgânicos e 50% resíduos recicláveis/rejeitos. (PREFEITURA MUNICIPAL DE LAJEADO, 2019). O Aterro Sanitário de Lajeado, como está, atualmente, cinco anos após sua inauguração, pode ser visualizado na figura 6.

Figura 6 – Célula do aterro sanitário de Lajeado



Pecora (2006) salienta a necessidade de se levar em consideração que os aterros sanitários precisam apresentar uma vida útil superior a dez anos. Após o seu fechamento, essa área não pode ser utilizada para fins de construção, e no entorno do aterro, deve ser plantada vegetação verde, de preferência nativa. Deve ser executado o monitoramento ambiental da área onde a célula fica localizada, tanto a análise de águas superficiais e subterrâneas como a de solo.

O aterro sanitário, atualmente, é a única opção aceitável para a destinação dos resíduos que não podem ser compostados ou reciclados. No entanto, mesmo assim, acabam recebendo inadequadamente resíduos que são reaproveitáveis e recicláveis. Essa realidade faz com que os aterros tenham sua vida útil reduzida, sendo necessária a execução de um novo aterro em menos tempo, tornando-se oneroso ao poder público e ocupando grandes espaços (PECORA, 2006).

### **2.3.3 Reciclagem de resíduos sólidos urbanos**

Segundo Garcez e Garcez (2010), a reciclagem é um importante processo na disposição final dos resíduos sólidos. As grandes vantagens da reciclagem são a redução da utilização de fontes naturais, onde na maioria dos casos são não renováveis, e a diminuição do acúmulo de resíduos que carecem de um tratamento final, como aterramento ou incineração.

Monteiro et al., (2001), salienta que a reciclagem é o ato de segregação dos resíduos domiciliares, onde a finalidade é trazê-los novamente à indústria, para serem beneficiados. Esses materiais serão transformados, novamente, em produtos comercializáveis.

Ainda, Monteiro et al., (2001) cita que a reciclagem propicia diversas vantagens, como:

- ✓ Preservação dos recursos naturais;
- ✓ Economia de energia;
- ✓ Economia no transporte (Em função da redução de material que demanda o aterro sanitário);
- ✓ Geração de emprego e renda;
- ✓ Compreensão por parte da população para as questões ambientais.

A melhor reciclagem é aquela onde a população tem participação, separando seus resíduos recicláveis em casa, colocando no lixo apenas o material de origem orgânica e rejeitos (MONTEIRO et al., 2001).

Para Faria (2002), a reciclagem envolve o processo da coleta seletiva, onde os materiais que são passíveis de reciclagem serão separados com antecedência pela população, cada qual em sua residência. A separação dos resíduos é feita de acordo com sua tipologia, seja plástico, papel, vidro, metal ou papelão. A coleta desses resíduos é feita de maneira diferente, conforme a separação feita pela população.

Após esse processo, a etapa seguinte consiste em uma triagem, onde é feita a separação mais detalhada da realizada na etapa anterior. Então, os materiais são beneficiados e acondicionados em local seco. Os metais e papéis são prensados e colocados em fardos, os vidros passam por um triturador, os plásticos passam pelo processo de lavagem e são transformados em pequenas pelotas (FARIA, 2002).

A triagem, assim como o beneficiamento e o acondicionamento dos materiais, é executada em locais especificamente destinados a tais finalidades, da qual são chamados de centros de triagem ou reciclagem. Em seguida, os materiais que foram armazenados, são despachados para as indústrias recicladoras. A última etapa ocorre já no processo industrial, onde o aproveitamento dos materiais para produção de novos bens é executada, tanto os encaminhados para o consumidor quanto os que são destinados ao processamento industrial intermediário (FARIA, 2002).

A coleta seletiva, mesmo que seja de suma importância, tanto na redução de volumes dos resíduos sólidos urbanos que são encaminhados aos aterros sanitários, como na valorização de resíduos, ainda notável por parte de diversas cidades, a ocorrência de programas pouco equilibrados e com baixa eficácia, que pouco contribuem na solução dos problemas que tem relação direta na gestão de resíduos sólidos (PASCHOALIN FILHO et al., 2014).

### **2.3.3.1 Coleta seletiva**

Segundo Castilhos (2007), coleta seletiva é o ato de coletar os materiais que já estão devidamente separados na fonte que o gera, para que a reciclagem ocorra da maneira mais eficiente e vise melhorar as condições de trabalho das pessoas responsáveis pela segregação desses resíduos.



Referente à coleta seletiva, o decreto nº 5.940 (2006), preconiza que:

Coleta dos resíduos recicláveis descartados, separados na fonte geradora, para destinação às associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis (BRASIL, 2016).

MNCR (2012), declaram que no Brasil, existam cerca de 800 mil catadores de resíduos, responsáveis por mais de 90% dos materiais que chegam até a indústria de reciclagem. Assim, se faz necessário, em conjunto com os setores público, privado e sociedade, leis voltadas a reciclagem e que fiscalizem o trabalho dos catadores, tão importante para o país.

#### **2.3.4 Compostagem de resíduos sólidos urbanos**

Segundo Dai Prá et al., (2009), a compostagem é o processo onde a matéria orgânica é decomposta por microorganismos, tendo como resultado a perda de matéria orgânica total e sobra dos constituintes inorgânicos. Há uma grande redução no volume e na massa específica da matéria bruta, em comparação ao início do processo.

Na técnica de compostagem, podem ser inclusas as tecnologias de compostagem aeróbia, vermicompostagem, compostagem em vasos e compostagem usando artrópodes/insetos (KUMAR et al., 2018).

A escolha da tecnologia a ser utilizada, segundo Bortolotti, Kampelmann e Muynck (2018), depende da quantidade, tipo e composição dos materiais a serem compostados. O composto orgânico pode ser utilizado como adubo ou meio de cultivo, para aprimorar as propriedades físicas e biológicas do solo, aumentar a retenção de líquido ou aumentar a capacidade de armazenamento de carbono.

A técnica de compostagem pode ser utilizada de diversas maneiras, seja em pequenas e grandes escalas, em domicílios, indústrias ou escolas. Assim, este processo tem variações nas soluções operacionais, indo das mais simples e baratas, até as mais complexas, com tecnologias avançadas e com altos custos (MASSUKADO, 2008).

Segundo a legislação, a definição sobre compostagem é apresentada na NBR 13.591:1996 (ABNT, 1996):

Processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação (ABNT, 1996).

Os dois principais impactos ambientais relacionados à compostagem, são a produção de maus odores e o vazamento de lixiviado, no entanto, alguns cuidados nesse processo possibilitam reduzir ou até mesmo impedir esses impactos (MASSUKADO, 2008).

Os fortes odores produzidos pelos resíduos sólidos se dão em função do metabolismo microbiano durante o processo de compostagem. Além disso, a compostagem convencional apresenta problemas de ventilação deficitária, mistura irregular, entre outros desafios (KALCU e YALDIZ, 2014).

Na compostagem, existem diversos tipos de resíduos que podem, ou não, serem colocados no processo. A tabela 1, que foi adaptada de Câmara Municipal de Seixal (2015), contempla o tipo do resíduo, se é possível colocá-lo ou não, e também a possibilidade de colocar pouca quantidade.

Tabela 1 – Resíduos que podem ou não serem colocados na composteira

Resíduos	Colocar	Pouca Qnt.	Não colocar
Restos de hortaliças	✓		
Cascas de ovos	✓		
Cascas de frutas	✓		
Restos de pão		✓	
Resto de café	✓		
Casca de batata	✓		
Restos de comida cozinhada		✓	
Restos de carne e peixe			✓
Ossos e espinhas			✓
Excrementos de animais herbívoros	✓		
Folhas e ervas	✓		
Cinzas e lenhas		✓	
Cinzas e pontas de cigarro			✓
Ramos e arbustos	✓		
Palha e feno	✓		

Fonte: Adaptado pelo autor baseado em Câmara Municipal de Seixal (2015).

A composteira pode apresentar alguns problemas durante todo seu processo. No quadro 2, conforme Manual de compostagem doméstica da Câmara de Vereadores de Alcobaça (2011), é possível verificar os problemas, o que os ocasiona e qual as suas soluções.

Quadro 2 – Problemas durante o processo de compostagem

Problemas	Causas	Solução
Processo lento	Materiais muito grandes	Cortar os materiais em pedaços pequenos e remexer a pilha
Cheiro de podre	Umidade em excesso	Adicionar materiais secos e terra. Revirar a pilha.
Cheiro de amônia	Excesso de material verde	Adicionar materiais secos
Temperatura demasiada baixa	Falta de material verde	Adicionar materiais verdes (aparas de grama)
	Aeramento insuficiente	Revirar a pilha
	Umidade baixa	Adicionar água
	Pilha muito pequena	Aumentar o tamanho da pilha
	Clima frio	Aumentar o tamanho da pilha ou isolá-la com palha
Temperatura alta	Pilha muito grande	Diminuir o tamanho da pilha
	Aeramento insuficiente	Revirar a pilha
A pilha atrai animais	Restos de carne, peixe, laticínios ou gordura	Retirar esses restos e cobrir com terra, folhas ou serragem.

Fonte: Adaptado pelo autor baseado em Manual de compostagem doméstica da Câmara de Vereadores de Alcobaça (2011).

Segundo Dias e Vaz (1996), entre as diversas soluções para o tratamento e destinação dos resíduos sólidos orgânicos, encontra-se este ciclo, possível de ser visualizado na figura 7.

Figura 7 – Ciclo da matéria orgânica



Fonte: Custódio (2011).

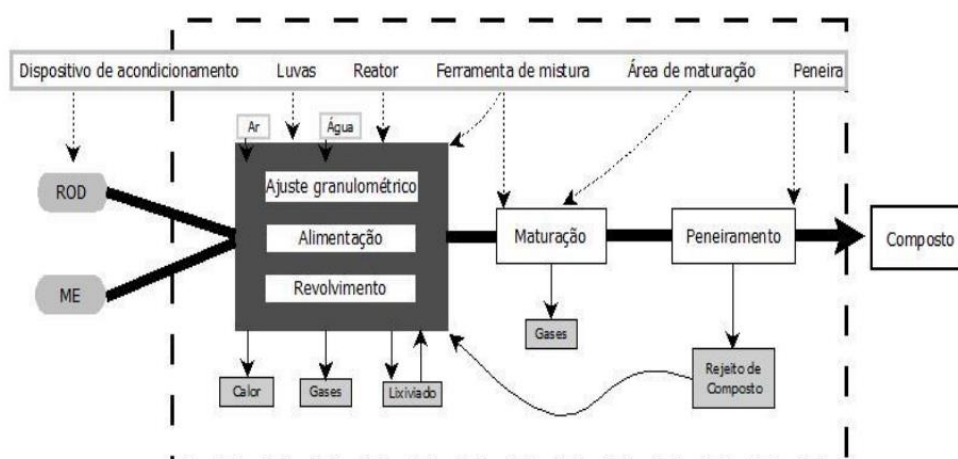
## 2.4 Tecnologias para o processo de compostagem

Existem diversas metodologias de compostagem, podendo as mesmas ser empregadas de acordo com as diversas finalidades e recursos disponíveis. A fim de sistematizá-las, Inácio e Miller (2009) categorizaram os métodos em três: Compostagem com revolvimentos, compostagem em leiras estáticas ou biorreatores aeróbicos.

Marques e Hogland (2002), em sua classificação de processos de compostagem, enquadram outro modelo, a compostagem natural de pequeno porte, onde há um volume menor a 3 m<sup>3</sup>. As composteiras de pequeno porte são utilizadas no momento em que não há disponível certa área adequada para a implantação de um projeto em grande escala. Nela, é possível realizar a coleta de líquidos e ter uma maior proteção contra a presença de vetores.

Na figura 8, as principais etapas de um sistema de compostagem residencial são apresentadas. Nelas, estão inclusos diversos dispositivos de acondicionamento de resíduos orgânicos domésticos; infraestrutura e instrumentos utilizados em etapas distintas; água e oxigênio consumidos; e ainda, os subprodutos que são produzidos durante o processo de compostagem. Do ponto de vista sanitário, uma das premissas é a utilização do uso de composteiras, dos mais diversos materiais, a fim de diminuir as ações externas do sistema e evitar a atração de roedores e vetores (ABBATANGELO, 1991; ANDERSEN et al., 2010).

Figura 8 – Modelo de compostagem de fabricação doméstica

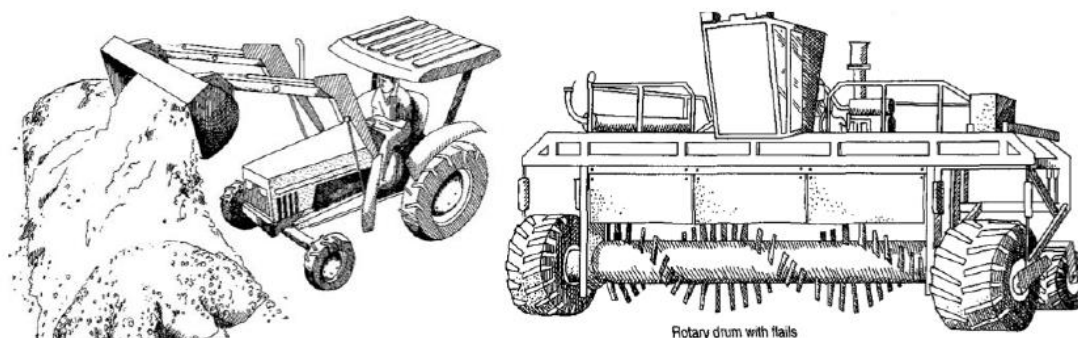


Fonte: Adaptado de Blanco et al., 2010; Kliopova e Stanevičiūtė (2013).

#### 2.4.1 Compostagem com Revolvimentos de Leiras

No método de leiras revolvidas, as mesmas são colocadas sobre um solo compactado ou impermeabilizado, onde a aeração das leiras é executada com trabalho braçal ou com ajuda de equipamentos mecânicos, como pás, retroescavadeiras, máquinas puxadas por tratores ou máquinas que se movimentam sobre a leira, possível de ser visualizado na figura 9. Tal aeração é feita por revolvimento e ajuda na homogeneização dos resíduos. No entanto, ainda que as opções citadas sejam as mais empregadas, a utilização mais corriqueira é a de retroescavadeiras e pás carregadeiras, visto que são disponíveis facilmente no mercado e possuem um custo menos elevado (MASSUKADO, 2008).

Figura 9 – Esquemas de revolvimento de leiras



Fonte: Rynk (1992).

Inácio e Miller (2009), salientam que essa metodologia de revolvimento de leiras, é o mais utilizado no Brasil, visto seu baixo custo de implementação e baixa complicação em seu manejo. As leiras, são em formato triangular, com 4 a 4,5 metros em sua base e podem chegar de 1,5 a 1,7 metros de altura. Contam com uma mistura homogênea dos materiais que serão compostados, e recebem os revolvimentos constantemente, manuais ou mecanizados, a fim de recuperar a aeração e homogeneizar a mistura.

Simplicidade no manejo, a viabilidade de compostar grande parte das grandes quantidades de resíduos, a um custo baixo de implantação, são alguns dos pontos positivos desse método. No entanto, a carência de um grande espaço, mão-de-obra e um relevante consumo de energia nos revolvimentos, sem contar com a geração de odores e chorume, são alguns dos aspectos negativos deste processo (INÁCIO e MILLER, 2009).

#### 2.4.2 Compostagem em Leiras Estáticas

Chiabi (2017) cita que a compostagem por leiras estáticas é definida por não necessitar de revolvimentos. São subdivididas em duas categorias: Uma é quando a aeração é realizada de forma passiva, em outras palavras, apenas pela ação do ar da leira, chamada de aeração passiva, a outra quando ocorre, são utilizados aeradores e/ou insufladores, chamando-se aeração forçada.

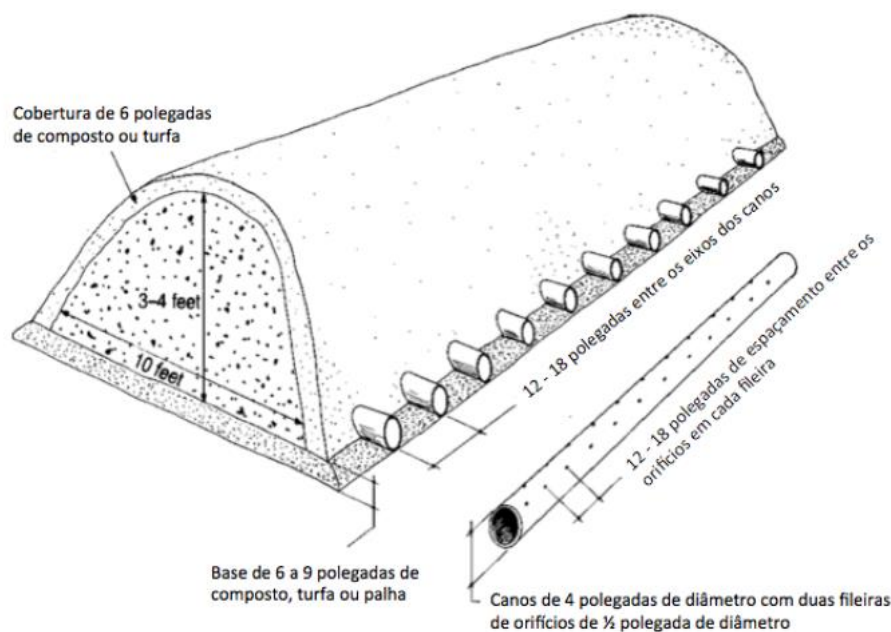
Como principais vantagens, uma melhor forma de utilização da área onde o pátio de compostagem fica localizado e grande economia de energia, que seria gasta com os revolvimentos. A necessidade de utilizar materiais específicos para o processo de confecção da leira é o principal ponto negativo (CHIABI, 2017).

O material orgânico final, gerado por esse método, tem melhor qualidade, em comparação ao método de leiras revolvidas, além de ser produzido em um espaço de tempo mais curto (MASSUKADO, 2008).

- **Compostagem em Leiras Estáticas com aeração Passiva**

A alteração principal que faz esse efeito acontecer é a maneira em que a leira é montada, em formato que a mesma mantenha a porosidade durante todo o processo e permita que a difusão de ar ocorra. Há diversas estratégias para alcançar esse resultado, uma delas está representada na figura 10, onde canos de PVC com pequenos orifícios que são cobertos com materiais porosos, muitas vezes, cavacos de madeira, e são inseridos na base da leira. Isso facilita a entrada de ar na parte de baixo da leira (RYNK, 1992).

Figura 10 – Esquema representativo de compostagem, considerando o método de leiras estáticas com aeração passiva



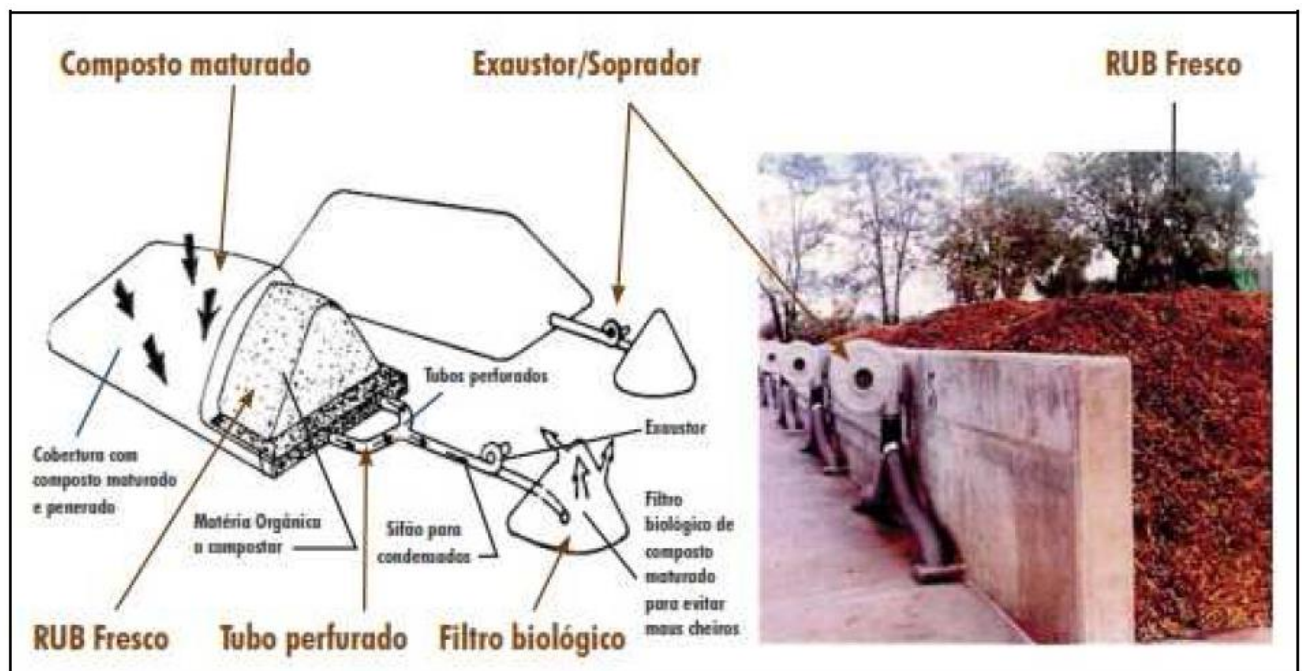
Fonte: Rynk (1992).

- **Compostagem em leiras estáticas com aeração forçada**

Na compostagem em leiras estáticas com aeração forçada, a característica principal está na utilização de sopradores ou insufladores, que inserem ou sugam o ar através de canos com perfurações, que ficam localizados na base da leira, com a intenção de promover a aeração. Essa estratégia, segundo Epstein (1997), é a que mais se mostrou eficiente do que os revolvimentos, essencialmente na fase termófila, onde o consumo de oxigênio é ainda superior. Então, a emissão de chorume e odores tem um controle muito superior aos demais métodos, acelerando ainda mais o processo de compostagem.

Segundo BNDES (2013), todo processo leva de 60 a 90 dias para se concluir, sendo que o resíduo utiliza cerca de quatro dias no reator. Na figura 11 é possível visualizar como o método de aeração forçada funciona.

Figura 11 – Esquema representativo de compostagem, considerando o método de leiras estáticas com aeração forçada



Fonte: BNDES, 2013 apud GRS/UFPE (2012).

Inácio e Miller (2009) nos trazem que, atualmente no Brasil, devido ao alto custo inicial de implementação, se comparado ao de leiras com revolvimento, existem poucos exemplares deste método de compostagem.



### 2.4.3 Compostagem em Reatores

Este método baseia-se na compostagem dos resíduos orgânicos em um sistema fechado, onde todos os parâmetros são monitorados. É considerado um método mais acelerado em função de oportunizar um tempo menor na etapa termofílica do processo, e, através das condições de operacionalização desse sistema, é possível garantir a homogeneidade dos resíduos que serão compostados, garantindo uma temperatura em equilíbrio, sem perdas, destruindo a grande maioria dos organismos patogênicos. Por ser um sistema fechado, o controle de odores é maior quando confrontado com outros sistemas (REIS, 2005).

Segundo Reis (2005), a ventilação nesse tipo de sistema tem fácil controle, e é executada sob pressão, com uma verificação frequente do balanço de massa que entra e a saída de oxigênio. Entre as tecnologias que existem nessa área, os reatores se diferenciam nas seguintes categorias: Reatores de fluxo vertical, reatores de fluxo horizontal e reatores em batelada.

- **Reatores de fluxo vertical**

Segundo Fernandes e Silva (1999), os reatores de fluxo vertical são formados por sistemas, que tem semelhança com silos verticais, onde na maioria dos casos, os resíduos orgânicos entram pela parte superior e transitam pelo reator até chão. O ar é possível ser inserido em diversos níveis ou apenas na parte inferior do reator. O dimensionamento do reator é de uma maneira que, quando o composto chegar à parte mais baixa do reator, a fase termofílica já acabou. Então, o composto é descarregado e levado até o pátio, onde o material passa pela fase de maturação.

- **Reatores de fluxo horizontal**

Os reatores de fluxo horizontal geralmente apresentam uma forma cilíndrica, e como o nome diz, estão dispostos horizontalmente. Em função destas características, muitas vezes são conhecidos como túneis. Neles, os resíduos orgânicos entram em uma extremidade do reator e saem pela outra, ficando o tempo suficiente para a efetivação da fase termofílica. O ar, ao longo do trajeto, é injetado sob pressão (FERNANDES e SILVA, 1999).

- **Reatores de batelada**

Fernandes e Silva (1999) frisam que os reatores de batelada se diferem dos reatores horizontais e verticais, em função do composto ficar delimitado no mesmo local, sem deslocamento. Geralmente é um sistema com agitação da massa de resíduos, podendo o reator efetuar rotação lenta no entorno de seu respectivo eixo, ou ter um modo de mistura interna. Esse revolvimento se faz necessário para estabelecer limites para os caminhos preferenciais de passagem da ventilação, no entanto, alguns modelos de reatores por batelada, não contem esse dispositivo.

No quadro 3, conforme Reis (2005), é possível visualizar a comparação entre os diferentes grupos existentes de métodos relacionados a compostagem, citando as vantagens e desvantagens observadas. São três as características que separam as metodologias de compostagem: A frequência em que a leira é revolvida, a presença ou falta de aeração forçada, além do enclausuramento ou não do material em reatores. A combinação de algumas estratégias é comum durante as fases.

Quadro 3 – Informações comparativas dos métodos de compostagem

Método	Vantagens	Desvantagens
Revolvimento de leiras	Baixo investimento inicial	Maior necessidade de área
	Flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos	Difícil controle de odores
	Simplicidade de reação	Dependente do clima
	Uso de equipamentos simples	Maior cuidado no monitoramento da aeração
	Produção de composto homogêneo e de boa qualidade	
Leiras estáticas aeradas	Baixo investimento inicial	Necessidade de um bom dimensionamento de sistema de aeração
	Maior controle de odores	Depende do clima
	Estabilização mais rápida	
	Melhor uso da área disponível	

Continua

## Continuação

Método fechado (reatores biológicos)	Menor demanda de área	Maior investimento inicial
	Melhor controle do processo de compostagem	Manutenção mais delicada
	Independência de fatores climáticos	Menor flexibilidade operacional para tratar de volumes variáveis de resíduos
	Facilidade no controle de odores	Risco de erro difícil de ser reparado se o sistema for mal dimensionado
	Potencial para recuperação de energia térmica	

Fonte: Adaptado pelo autor baseado em Reis (2005).

#### 2.4.4 Compostagem individual/coletiva

Segundo Tatano et al., (2015), segregar os resíduos domésticos biodegradáveis na origem e direcioná-los para a compostagem doméstica, é considerado uma ação de grande valia, que contribui na redução da geração de lixo doméstico.

Brito (2008), comenta que o processo de compostagem em pequena escala é ideal para empresas e indústrias que contam com refeitórios, condomínios residenciais, universidades e até mesmo escolas, que utilizam a compostagem como prática de educação ambiental, visando maior interação entre a natureza, na prática.

Se comparado a uma grande pilha de compostagem, o modelo em pequena escala demonstra um problema relacionado a uma baixa taxa de remoção de agentes patógenos, em função das baixas temperaturas (FUREDY, 2001). No entanto, Brito (2008), diz que essa particularidade negativa é capaz de ser melhorada no momento da inserção de materiais na composteira, evitando assim, contaminações.

As composteiras de pequena escala, podem ter diversos formatos, visto que são facilmente produzidas de tijolos, tonéis, baldes, tijolos, até mesmo com taquaras. Independente do material utilizado, é necessário que o mesmo permita a difusão de ar e que haja equilíbrio na relação entre o carbono e nitrogênio. Para

auxiliar nesse controle, é possível adicionar mais matéria, sendo responsável pela composição de carbono e absorção de toda umidade presente nos resíduos orgânicos, e assim, evitar a produção de lixiviados (MEDEIROS, 2016).

A utilização dos biorreatores no processo de compostagem, pode variar conforme o volume, material de composição (metal, madeira, plástico), forma (quadrada, retangular, tronco de cone, cilíndrica), aberturas, cores, além dos mecanismos para suprimento de ar, que tem o intuito de garantir as ideais condições aeróbias do processo (KLIPOVA e STANEVIČIŪTĖ, 2013). Na figura 12, conforme Medeiros (2016) é possível visualizar um modelo de compostagem, onde foram utilizados baldes plásticos para sua confecção.

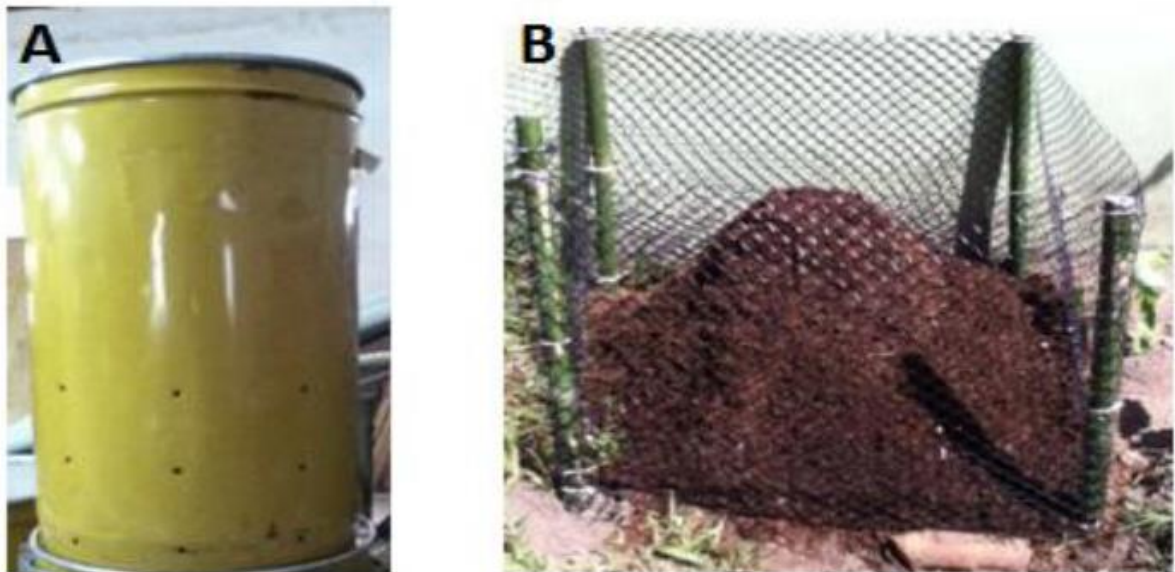
Figura 12 – Modelo de compostagem de fabricação doméstica



Fonte: Medeiros (2016).

Guidoni et al., (2013), realizou um estudo, onde foi desenvolvido um sistema domiciliar de compostagem com baixo custo, caracterizado na figura 13. Na primeira etapa, a etapa (A), o reator, cilíndrico metálico com 250 litros, conta com uma aeração passiva com diversos furos em suas laterais, além da aeração manual, onde é operado por processo de batelada até o preenchimento total do seu volume útil. Já na etapa (B), é o local onde o composto fica para sua fase de maturação, sem ter nova adição de resíduos, em forma de pilha, com aproximadamente 1 metro quadrado de área.

Figura 13 – Sistema que é considerado de baixo custo, etapa de alimentação (A) e maturação (B)



Fonte: GUIDONI et al., (2013).

## 2.5 Fatores que influenciam o processo de compostagem

São diversos os fatores que tem influência no processo de compostagem, na qualidade final do composto e no tempo necessário à estabilização. A qualidade e a duração do composto também dependem dos tipos de resíduos que serão compostados e as suas quantidades (DA SILVA, 2007).

Kiehl (1985) cita que os fatores principais que balizam a compostagem são: aeração, umidade, temperatura, relação C/N, granulometria, microorganismos, além do pH.

### 2.5.1 Aeração

A aeração, dentro do processo de compostagem, é considerada o fator mais importante do processo, definida por Kiehl (2004) como o principal meio de conduzir a velocidade de um processo de compostagem, reduzindo a liberação de odores e limitar a umidade do material em decomposição.

Costa (2005) define que, quanto maior o número de revolvimentos nas leiras, inferior será seu tempo de compostagem. O revolvimento das leiras pode ser executado com injeção de ar, de forma manual ou mecânica.

Para se obter ótimos resultados no processo de compostagem, é necessário que a maior parte viável da leira esteja em condição aeróbica. No entanto, é considerável deixar claro que não haja revolvimentos das leiras em excesso, visto que, isso resulta na perda acentuada de calor e hidrogênio, a partir de gases como o óxido nitroso e a amônia (KADER et al., 2007).

### **2.5.2 Temperatura**

A temperatura, segundo Herbets et al., (2005) é um dos parâmetros que mais tem importância no processo de compostagem, visto que é ela que determina o desenvolvimento dos microorganismos, sendo este um fator que detecta as alterações ocorridas durante o processo.

Modesto filho (1999) e Kiehl (1998) frisam que, a compostagem pode ser determinada em três etapas. A primeira, mesofílica, a segunda, termofílica e a terceira, etapa mesofílica. Nas primeiras duas etapas ocorrem à estabilização da matéria orgânica, e na última, a umidificação e maturação do composto.

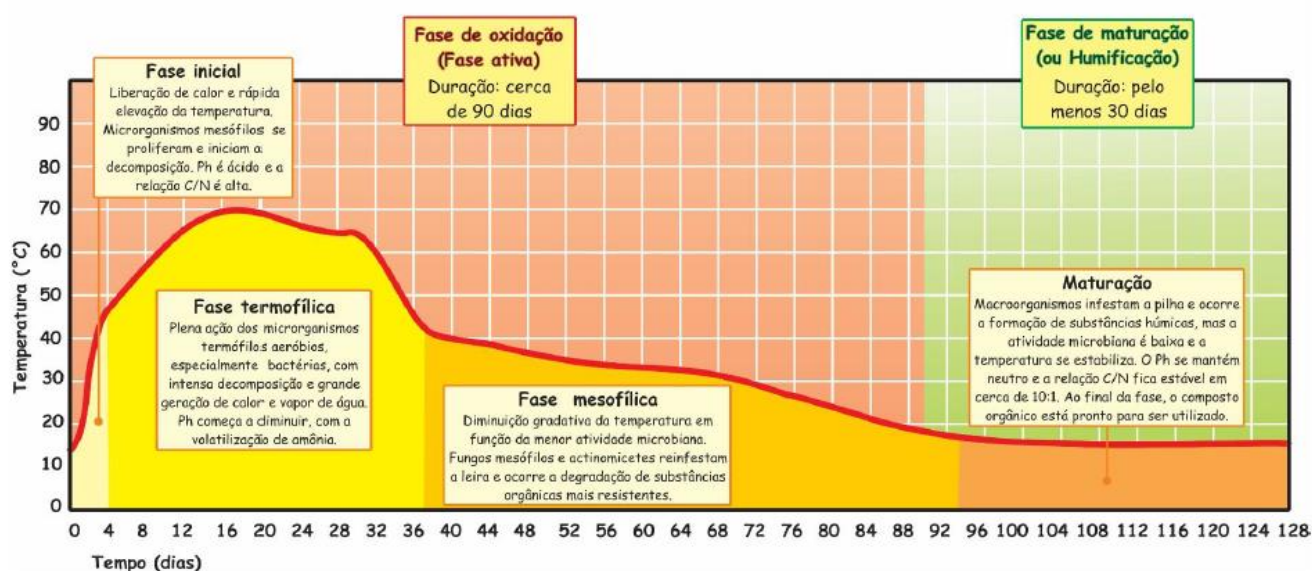
Bidone e Povinelli (1999) enquadram a compostagem em quatro etapas. A primeira é quando a temperatura é elevada até um limite estabelecido como ótimo, podendo levar de 12 a 24 horas, ou dias, conforme as condições ambientais da qual o processo de compostagem se encontra. Atingindo a temperatura que varia de 55°C e 60°C, o revolvimento das leiras é executado a fim de bioestabilizar a matéria em uma faixa adequada de aquecimento.

Na etapa 2, a degradação ativa da matéria orgânica tende a demorar cerca de 60 a 90 dias, contando com o método convencional "windrow", passível de ser reduzido a 30 dias se as leiras estiverem sendo operadas na forma de "estática aerada". A etapa 3 conta com o resfriamento do material, podendo levar até cinco dias, em condições normais. A quarta e última etapa é definida como a de cura ou

maturação do material compostado, levando de 30 a 60 dias, formando nesse período, ácidos húmicos (BIDONE e POVINELLI, 1999).

Lima JR. (2015), comenta que as temperaturas altas caracterizam o processo da compostagem, sendo um sinal de atividades microbianas vigorosas. Acima de 55 °C, os microorganismos patogênicos são destruídos, sendo que a eliminação de sementes de ervas daninhas ocorre a 62 °C. Compostagens modernas aproveitam o calor gerado para geração de energia, através do aquecimento de água. Na Figura 14, é possível visualizar o processo de compostagem em suas fases: Inicial, termofílica, mesofílica e de maturação. A Tabela 2 contempla as temperaturas mínimas, ótimas e máximas, em °C, para as bactérias.

Figura 14 – Variação de temperatura na leira em função do tempo de compostagem



Fonte: Brasil (2017).

Tabela 2 – Temperaturas mínimas, ótimas e máximas para as bactérias, em °C

Bactérias	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura ótima
Psicrófilas	0 °C	20 °C	-
Mesófilas	15 a 25 °C	43 °C	25 a 40 °C
Termófilas	25 a 45 °C	85 °C	50 a 55 °C

Fonte: Adaptado pelo autor baseado em Fernandes e Silva (1999).

### 2.5.3 Umidade

A umidade é um item essencial para a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos. A umidade ideal classificada, para que ocorra o processo de compostagem, segundo Bidone e Povinelli (1999) é de 55%, mas, no entanto, Lima (1991) diz que pode variar entre 40% e 60%.

Kiehl (2004) considera 45% a 55% o teor de água ideal para o processo de compostagem, entretanto, diz que valores acima de 65% de umidade levam a anaerobiose do sistema de compostagem, e como principal resultado, o aparecimento de maus odores.

A falta de água em uma leira de compostagem pode ser prontamente resolvida com irrigação, de preferência, no momento em que é executado o revolvimento, a fim de que a água se espalhe com mais facilidade, uniformemente. O excesso de água, que é possível facilmente de ser percebido por maus odores, pode ser regulado com revolvimentos, adição de matérias secas ou injeções de ar (MASSUKADO, 2008).

### 2.5.4 Relação Carbono/Nitrogênio

O carbono e nitrogênio tem uma relação que é de suma importância para a compostagem, em função de ambos serem os nutrientes que equilibram a atividade microbiana (VALENTE, et al., 2009).

Segundo Rynk (1996), o carbono é encarregado tanto por fornecer energia, como para o crescimento dos microorganismos, e o nitrogênio, é um item fundamental para a reprodução e para a síntese proteica. A relação carbono/nitrogênio (C/N), na prática, moderada indiretamente, assegura um balanço adequado de todos os nutrientes, sendo ótimo o nível entre 25 a 30 partes de carbono, a cada parte de nitrogênio (31/1) (INÁCIO E MILLER, 2009).

Na Tabela 3, segundo Rynk (1996), é possível visualizar as relações de carbono e nitrogênio dos principais resíduos que são utilizados na compostagem, o que possibilita escolher as melhores proporções e combinações dos materiais.



Tabela 3 – Propriedades importantes de diversos resíduos orgânicos populares na compostagem

Material	% N	C:N	% Umidade
Resíduos de alimentos	1,9 - 2,9	14 – 16	60 - 80
Serragem	0,06 - 0,8	200 – 750	19 - 65
Lodo de esgoto	2 - 6,9	5 – 16	72 - 84
Folhas secas	0,5 - 1,3	40 – 80	30 - 40
Esterco Equino	1,4 - 2,3	11 – 30	59 - 79
Esterco de frango	1,6 - 3,9	12 – 15	22 - 46

Fonte: Adaptado pelo autor baseado em Rynk (1996).

No Quadro 4, segundo Kiehl (2004), é possível visualizar as causas e consequências de certos valores da relação carbono e nitrogênio durante o processo de compostagem. Conforme Dai Prá et al., (2009), a relação ideal de carbono e nitrogênio é de 30/1.

Quadro 4 – Causas e consequências de certos valores da relação carbono e nitrogênio

Relação C/N	Causas	Consequências
Inferiores a 10/1	Volatilização do nitrogênio em forma de amônia	Tempo de maturação reduzido, altos valores de pH e temperatura
Entre 25/1 e 35/1	Nenhuma	Tempo de maturação ideal
Superior a 50/1	Deficiência de Nitrogênio	Tempo de maturação mais prolongado e diminuição da temperatura

Fonte: Adaptado de Kiehl (2004).

### 2.5.5 pH

O Potencial Hidrogeniônico (pH) é um dos parâmetros fundamentais no processo de compostagem, pois mantém o desenvolvimento dos microorganismos.

Mas, no entanto, o pH não pode ser considerado um fator que é determinante no processo, pois para que o mesmo obtenha sucesso, existem diversos microorganismos que podem sobreviver em diferentes faixas de pH (HERBETS et al., 2005).

Segundo Pereira Neto (2007), o processo de compostagem pode ser desenvolvido com uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5, visto que, os valores das extremidades são regulados automaticamente pelos microorganismos, através da degradação de compostos, onde são produzidos subprodutos ácidos ou básicos, de acordo com a carência do meio.

### **2.5.6 Granulometria**

Inácio e Miller (2009) determinam que um dos fatores importantes da atividade microbiana, acontece basicamente na superfície das partículas, logo, o tamanho das partículas, quanto menores forem, mais depressa será sua decomposição.

No entanto, o tamanho das partículas sendo menor, acarreta em menos espaços vazios na leira de compostagem, dificultando a aeração. O ideal são materiais compostos por partículas de diversos tamanhos, nem tão grandes, pois atrasam a decomposição, nem tão pequenos, que atrapalham a difusão do ar (Inácio e Miller, 2009).

Rynk (1996) salienta a importância de três fatores que tem ligação direta: A estrutura, a textura e a porosidade. A estrutura condiz com a rigidez das partículas e sua capacidade de aguentar a compressão, a textura, que é a área disponível para os microorganismos realizarem suas atividades e representa os nutrientes disponíveis aos mesmos e terceiro a porosidade, que nada mais é que a medida dos espaços vazios em função da massa da leira de compostagem, e caracteriza a resistência da leira ao fluxo de ar.

Para Pereira Neto (1996), os resíduos sólidos orgânicos devem passar por uma correção no tamanho de suas partículas, a fim de favorecer:

- A melhoria na porosidade;
- A homogeneização da massa de compostagem;
- Redução da compactação;
- Aumento da capacidade de aeração.

O tamanho ideal recomendado pela literatura é entre 1 e 4 centímetros. O resultado dessa granulometria, pode ser o alcance de massa mais homogênea, menor compactação e melhor porosidade (McKENNEY, 1962; PEREIRA NETO, 1996).

### **2.5.7 Microorganismos**

Conforme Miller (1992), a compostagem é marcada por uma série de mudanças de espécies de microorganismos envolvidas no processo, em função das modificações das condições em que o meio se encontra, sendo de fato, impossível identificar todos os presentes. Nas exigências atmosféricas, o dióxido de carbono e o oxigênio são os gases principais que afetam o crescimento bacteriano.

A predominância de certas espécies de microorganismos, somado a sua atividade metabólica, é o que determina a fase onde o processo de compostagem se encontra (MILLER, 1992).

Fernandes (1999) cita que, os microorganismos com maior importância no processo de compostagem, são as bactérias, os fungos e os actinomicetos. Os demais grupos de microorganismos também tem participação, mas, são de menor relevância.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

No presente capítulo, são apresentadas informações referentes ao município de Lajeado e a caracterização dos resíduos que a cidade gera. Além disso, as principais características do condomínio em estudo e também uma análise minuciosa dos resíduos gerados pelos moradores do mesmo.

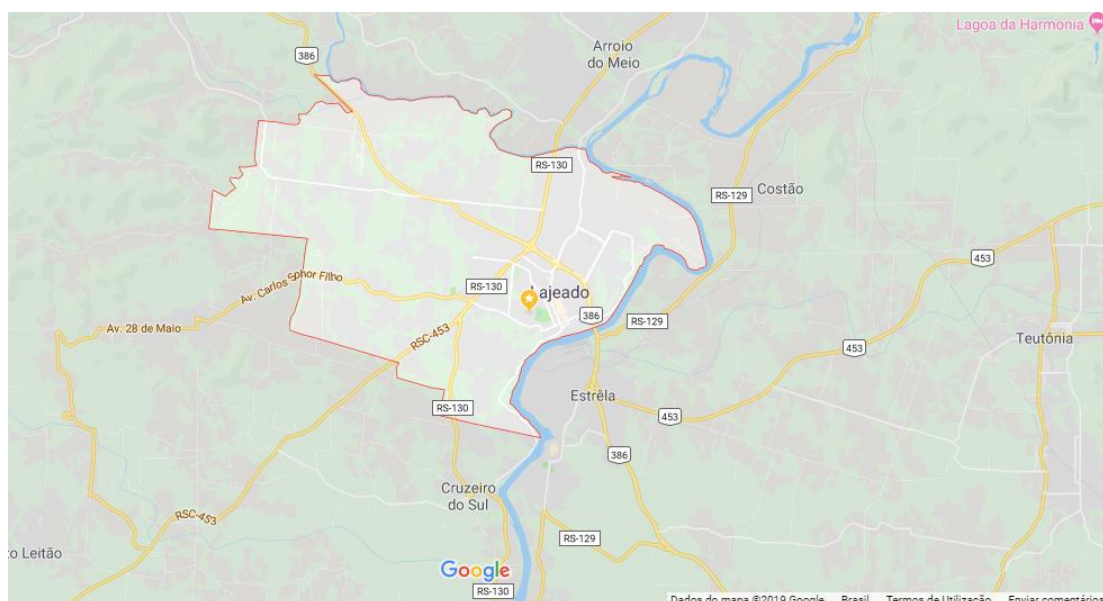
Também será determinada a tipologia de resíduos sólidos domésticos que são gerados no condomínio (gravimetria dos resíduos), o desenvolvimento de um protótipo que visará o tratamento da parte orgânica dos resíduos sólidos domésticos gerados no condomínio, assim como um local para disposição dos resíduos passíveis de reciclagem, um local para os resíduos perigosos e um local para os resíduos considerados rejeitos.

#### **3.1 Caracterização da cidade de Lajeado/RS**

O município de Lajeado, banhado pelo Rio Taquari, fica localizado na região do Vale do Taquari. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), cita que Lajeado tem uma área territorial de 91,591 km<sup>2</sup> onde atualmente, segundo IBGE (2010), conta com 71.445 habitantes e uma estimada de população de 82.951 pessoas em 2018. Com um orçamento previsto de 337 milhões de reais, é a maior cidade da região, tanto em população como de orçamento.

Com as coordenadas geográficas 29° 28' 7" Sul e 51° 57' 55" Oeste, Lajeado faz divisa com os municípios de Arroio do Meio ao norte, Cruzeiro do Sul ao sul, Santa Clara do Sul a oeste e a leste com a cidade de Estrela. Na Figura 15, é possível visualizar a cidade de Lajeado e demais cidades de seu entorno.

Figura 15 – Município de Lajeado e cidades vizinhas



Fonte: Google Maps (2019).

### 3.1.1 Gestão de resíduos no município de Lajeado

Na cidade de Lajeado, a coleta dos resíduos ocorre de duas maneiras. Segundo a Prefeitura Municipal de Lajeado, além da coleta tradicional de lixo, Lajeado conta com a coleta seletiva, que faz o recolhimento de todo lixo reciclável. Todo material coletado é destinado a Central de Triagem, que fica localizada junto ao Aterro Sanitário do município. Ela é coordenada por uma Cooperativa, que faz a separação dos resíduos por tipo e, posteriormente, faz o encaminhamento para indústrias de reciclagem.

Abaixo, é possível verificar no Quadro 5, os dias da semana e bairros do município que são contemplados pela coleta seletiva.

Quadro 5 – Dias da coleta seletiva do município de Lajeado

Dia da semana	Turno	Bairro
Segunda	Manhã, tarde*	Alto do Parque, Hidráulica, Americano, Florestal*, Moinhos*
Terça	Manhã, tarde*	São Cristóvão, Universitário, Carneiros*, Santo André*, Campestre*
Quarta	Manhã	Montanha, Moinhos D'água, Floresta, São Bento
Quinta	Manhã	Olarias, Planalto, Igrejinha, Centenário, Imigrante, Bom Pastor, Conventos

Continua

## Continuação

Sexta	Manhã	Conservas, Santo Antônio, Nações, Morro 25, Jardim do Cedro
Sexta	Manhã	Centro
Seg. e últ sáb. mês	Tarde	Barra da Forqueta e Alto Conventos

Fonte: Adaptado pelo autor baseado em Prefeitura Municipal de Lajeado (2019).

### 3.2 Caracterização do condomínio em estudo

A proposição deste projeto de caracterização gravimétrica e compostagem, foi executada em um condomínio do tipo fechado. Localizado em Lajeado, o condomínio residencial, que conta com 54 lotes atualmente, tem cinco residências concluídas, com 17 moradores distribuídos nas mesmas. Além disso, há ainda uma residência concluída, sem moradores, e uma residência em fase de construção, frisando que as duas não fizeram parte do presente estudo. O padrão socioeconômico dos moradores do condomínio residencial é de classe alta.

A fim de evitar qualquer identificação da geração de resíduo de cada morador, as casas foram identificadas por número, e não por proprietário. As casas foram numeradas de 1 a 5, seguindo essa sequência até o final da pesquisa. O número de moradores de cada casa também tem grande importância no cálculo de geração de resíduo por pessoa. As residências do condomínio, contam com a seguinte povoação:

- Casa 1 – 3 moradores, composta por dois adultos e uma criança.
- Casa 2 – 3 moradores, composta por dois adultos e uma criança.
- Casa 3 – 3 moradores, composta por três adultos.
- Casa 4 – 4 moradores, composta por dois adultos e um adolescente.
- Casa 5 – 4 moradores, composta por dois adultos, uma criança e um adolescente.

### **3.3 Quantificação gravimétrica dos resíduos gerados no condomínio**

A gravimetria de todos os resíduos gerados pelos moradores do residencial foi feita durante os meses de julho, agosto, setembro e outubro deste ano, uma semana de cada mês, de segunda a sexta-feira.

Os resíduos, que contaram com cerca de catorze tipologias diferentes de materiais, seguiram a seguinte maneira de classificação:

- Materiais orgânicos;
- Papelão;
- Plástico filme;
- Madeira;
- Pet;
- Plástico duro;
- Papel higiênico;
- Trapos;
- Papel/Jornal;
- Metal;
- Tetra Pak;
- Vidro;
- Fraldas;
- Rejeito (outros).

A caracterização gravimétrica dos resíduos do residencial iniciou após uma reunião realizada no condomínio residencial, com a presença de um representante de cada casa do condomínio, ocorrida no dia 20 de julho de 2019. Na reunião, foi

explicado aos moradores que o objetivo da pesquisa, não era apenas obter resultados da geração de resíduos dos mesmos, mas também criar uma logística ambiental correta para a destinação de todos os resíduos gerados no condomínio residencial.

Na reunião, também foi acordado que uma vez por mês, de segunda a sexta-feira, durante os meses de julho, agosto, setembro e outubro, seriam recolhidos os resíduos gerados em cada uma das sete residências, na parte da manhã, e seria executada a caracterização gravimétrica em um local coberto, disponibilizado pelo próprio condomínio. Na Figura 16, é possível visualizar o local coberto disponibilizado pelos moradores, onde todos os resíduos sólidos do condomínio foram pesados, separados e caracterizados.

Figura 16 – Local coberto onde foi executada a gravimetria dos resíduos sólidos do condomínio residencial



Visando maior organização do estudo, as datas de recolhimento dos resíduos dos moradores foram acordadas na reunião, que ficaram da seguinte maneira:

- Primeira semana – De 29 de julho de 2019 até 02 de agosto de 2019.



- Segunda semana – De 19 de agosto de 2019 até 23 de agosto de 2019.
- Terceira semana – De 09 de setembro de 2019 até 13 de setembro de 2019.
- Quarta semana – De 30 de setembro de 2019 até 04 de outubro de 2019.

O resíduo dos moradores ficava disposto na frente de suas residências. Para a execução da coleta dos mesmos, era utilizado um veículo, que é possível de ser visualizado na Figura 17.

Figura 17 – Veículo utilizado pelo autor para o recolhimento dos resíduos do condomínio residencial



### 3.3.1 Materiais utilizados

Nos estudos com diversos tipos de resíduos, é necessário evitar qualquer contato direto ou doença em função dos resíduos domiciliares. Pensando nisso, em todas as atividades diretas com os resíduos, foram utilizados os seguintes equipamentos de proteção individual (EPI's), conforme NR-6 de 2009.

- Máscara;
- Calçados fechados;
- Luvas;
- Roupa compridas (calça, blusão/casaco).

Além dos equipamentos de proteção individual, para realização desta atividade, foram utilizados diversos materiais. Para a pesagem dos resíduos, foi utilizada uma balança modelo Asaklitt, idêntica a balança da Figura 18.

Figura 18 – Balança que será utilizada na pesagem dos resíduos domiciliares



A fim de evitar qualquer tipo de contaminação no solo por parte dos resíduos domiciliares, todos materiais foram colocados sobre uma lona preta, que foi disposta no chão do local onde foram feitas as análises. A lona utilizada é idêntica à da Figura 19, logo abaixo.

Figura 19 – Lona plástica que foi utilizada no estudo



Para o manuseio e acondicionamento temporário dos resíduos, foi necessária a utilização de recipientes, que facilitam não só no manuseio e acondicionamento, mas também no cálculo de massa específica dos mesmos. Neste presente estudo, foi utilizado um balde de 10 litros e um tambor de 50 litros, representados, respectivamente, na Figura 20.

Figura 20 – Balde e tambor que foram utilizados no presente estudo



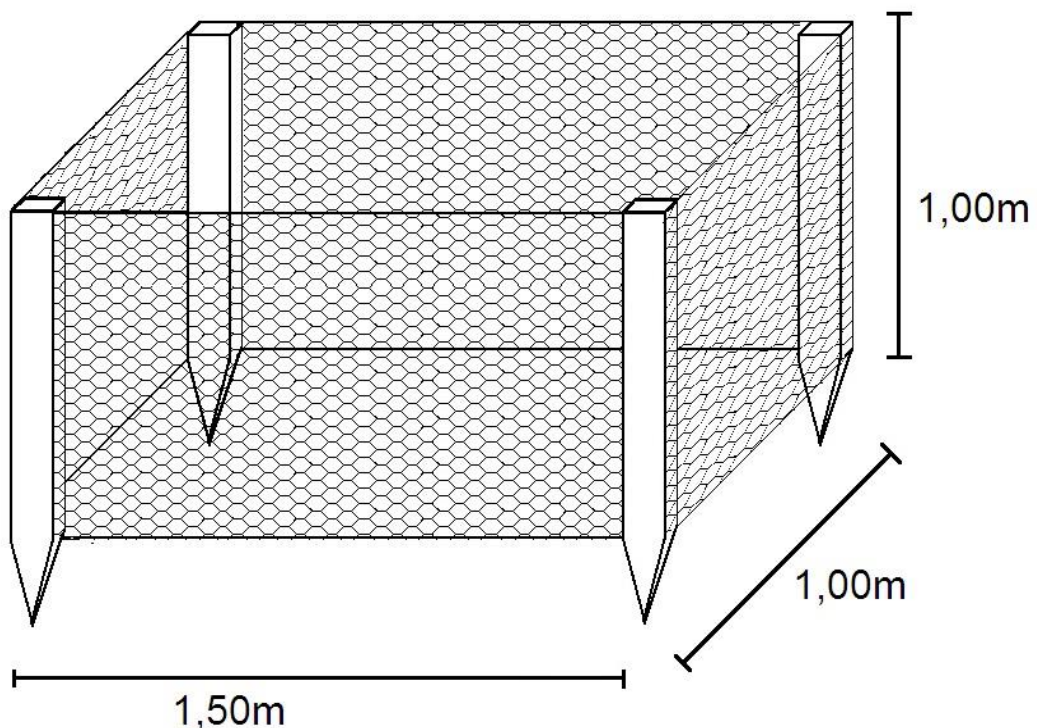
O balde, assim como o tambor, estava em bom estado de conservação, sem furos na parte inferior, inibindo qualquer possível vazamento de chorume dos resíduos sólidos domésticos que foram manuseados nestes recipientes. As dimensões do tambor são 0,6 m de altura e 0,40 m de diâmetro. Em um rápido

cálculo, através da fórmula  $m^3 = \pi \times \text{raio}^2 \times \text{altura}$ , foi encontrado que o tambor de 50L conta com 0,07 m<sup>3</sup> de volume.

### 3.4 Protótipo de tratamento dos resíduos orgânicos do condomínio

Para o acondicionamento dos resíduos sólidos orgânicos do residencial, foi construído um protótipo de composteira, dentro do condomínio. A mesma tem dimensões de 1,50 metros de comprimento por 1,00 metro de largura, contando com 1,00 metro de altura. Foi confeccionada com quatro estacas de madeira, envoltas por uma tela galvanizada com abertura de malha de 10 milímetros. Na Figura 21, é possível visualizar um modelo semelhante da composteira que foi confeccionada para o acondicionamento dos resíduos orgânicos do condomínio residencial em estudo.

Figura 21 – Modelo de protótipo para acondicionamento de resíduos orgânicos





### 3.5 Metodologia utilizada no processo de compostagem

Todos os resíduos sólidos orgânicos separados foram destinados até a composteira, que foi construída para devido fim. Os resíduos orgânicos tinham um tamanho de um a quatro centímetros, conforme referência bibliográfica já citada nesse estudo, para que a matéria orgânica alcançasse uma maior homogeneidade, menor compactação e melhor porosidade.

Visando manter um melhor controle da umidade e uma boa relação de carbono e nitrogênio, periodicamente foram adicionados baldes de material seco, como folhas secas, serragem ou cavacos de madeira, conforme a disposição de material seco presente no local do estudo.

O controle da umidade torna-se um fator importante, pois vem com o intuito de evitar o acúmulo de líquidos e posterior produção de odores. Ambos podem atrair roedores ou outros tipos de animais. No presente estudo, para auxiliar na aeração do composto, foram feitos revolvimentos periódicos na matéria orgânica, utilizando uma pá de bico, que pode ser visualizada na Figura 22.

Figura 22 – Pá de bico que será utilizada no revolvimento da matéria orgânica



O revolvimento da matéria visa bons resultados e o êxito no processo de compostagem. Sem o revolvimento, a aeração do composto encontra dificuldades, fazendo com que as temperaturas sejam menores. A temperatura é um dos aspectos mais importantes no controle dos patógenos existentes dentro do processo de compostagem.

### **3.6 Avaliação dos resíduos orgânicos gerados no condomínio**

O material orgânico foi disposto na composteira já confeccionada, onde ocorre todo o processo de compostagem. Todo material orgânico foi revolvido periodicamente com a pá de bico, visando auxiliar a aeração do composto. A avaliação do mesmo foi feita através do manual de orientação de compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos, produzido pelo Ministério do Meio Ambiente.

### **3.7 Estruturação de locais de acondicionamento de resíduos passíveis de serem reciclados, resíduos perigosos e rejeitos**

Os resíduos passíveis de reciclagem do condomínio, durante as semanas de estudo, foram acondicionados em sacos de lixo de 100 litros de volume, onde posteriormente, foram encaminhados para a coleta seletiva do município.

Com o provável aumento do número de moradores do residencial, a geração de resíduos passíveis de reciclagem aumentará consideravelmente. A partir disso, com o cálculo de kg por metro cúbico, será possível desenvolver o local ideal para o acondicionamento desse tipo de resíduo. Os mesmos ficarão acondicionados durante sete dias, visto que, serão recolhidos pela coleta seletiva do município, que ocorre semanalmente.

Os resíduos considerados perigosos ficarão acondicionados em um local específico, que será feito exclusivamente para esse tipo de resíduo. Os resíduos que são considerados rejeitos, serão depositados na lixeira comum, que fica localizada em frente do condomínio residencial.

Com o provável aumento do número de moradores do residencial, será necessário, no futuro, que a prefeitura municipal instale mais lixeiras para suprir a demanda. O recolhimento desse tipo de resíduo é diário, e sua destinação é o aterro sanitário de Lajeado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização gravimétrica

A caracterização gravimétrica tem grande relevância na gestão dos resíduos domiciliares do condomínio residencial, pois é a partir dela que é possível conhecer e quantificar as frações de resíduos gerados e, a partir disso, definir qual é o melhor planejamento para tratá-los da maneira mais correta.

#### 4.1.1 Primeira semana de caracterização gravimétrica

A primeira semana de caracterização gravimétrica ocorreu entre os dias 29 de julho de 2019 (segunda-feira) e 02 de agosto de 2019 (sexta-feira). Na Tabela 4, é possível verificar o número de pesagens, o volume em m<sup>3</sup> e a massa obtida em cada pesagem.

Tabela 4 – Pesagem e medição de volume dos resíduos recolhidos na primeira semana de estudo

29/07/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Pesagem 5	Pesagem 6	Total
Massa total (KG)	7,76	5,55	3,44	7,65	4,53	4,31	33,24
Volume (m <sup>3</sup> )	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,41
30/07/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Pesagem 5	Pesagem 6	Total
Massa total (KG)	5,15	4,49	-	-	-	-	9,64
Volume (m <sup>3</sup> )	0,07	0,03	-	-	-	-	0,10

Continua

Continuação

31/07/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Pesagem 5	Pesagem 6	Total
Massa total (KG)	4,32	4,05	2,71	-	-	-	11,08
Volume (m³)	0,07	0,06	0,04	-	-	-	0,17
01/08/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Pesagem 5	Pesagem 6	Total
Massa total (KG)	2,50	2,04	-	-	-	-	4,54
Volume (m³)	0,03	0,04	-	-	-	-	0,07
02/08/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Pesagem 5	Pesagem 6	Total
Massa total (KG)	6,82	3,30	-	-	-	-	10,12
Volume (m³)	0,07	0,07	-	-	-	-	0,14

Todo material, após executada a separação por tipologias, passou novamente por pesagem e foi tabelado. Os resultados são possíveis de serem visualizados na tabela 5, logo abaixo.

Tabela 5 – Caracterização gravimétrica dos resíduos do condomínio residencial, realizada na primeira semana de estudo

Tipo de resíduo	29/07/19 (kg)	30/07/19 (kg)	31/07/19 (kg)	01/08/19 (kg)	02/08/19 (kg)	Total semana (Kg)	Porcentagem (%)
Material orgânico	14,74	6,38	4,98	3,32	6,56	35,98	52,00
Papelão	2,35	0,48	2,33	0,12	0,31	5,59	8,00
Plástico Filme	0,12	0,57	0,30	0,16	0,27	1,42	2,00
Madeira	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
PET	0,46	0,01	0,07	0,08	0,03	0,65	1,00
Plástico duro	1,93	0,56	0,33	0,21	0,39	3,42	5,00
Papel higiênico	1,20	0,36	1,17	0,28	0,86	3,87	6,00
Trapos	0,05	0,00	0,29	0,04	0,07	0,45	1,00
Papel/Jornal	1,53	0,04	0,24	0,08	0,71	2,60	4,00
Metal	1,13	0,13	0,07	0,10	0,04	1,47	2,00
Tetra Pak	1,12	0,06	0,40	0,08	0,24	1,90	3,00

Continua



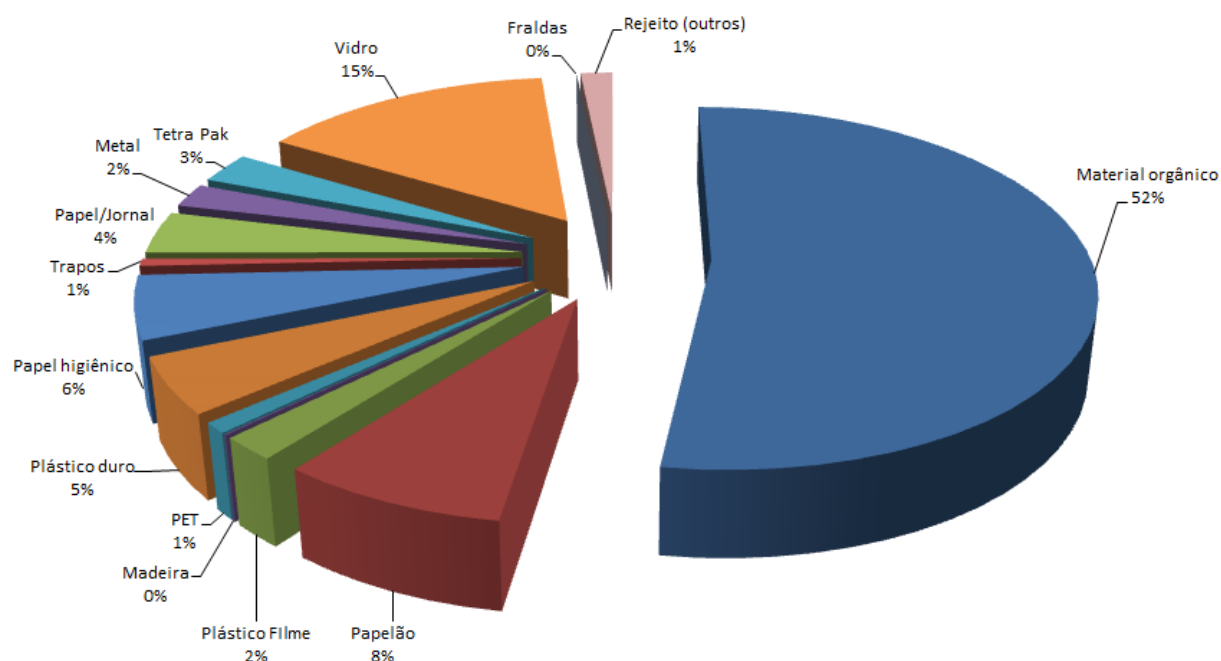
## Continuação

Vidro	8,26	1,03	0,55	0,00	0,28	10,12	15,00
Fraldas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rejeito (outros)	0,30	0,02	0,35	0,07	0,36	1,10	1,00
<b>Total</b>	<b>33,24</b>	<b>9,64</b>	<b>11,08</b>	<b>4,54</b>	<b>10,12</b>	<b>68,62</b>	<b>100</b>

A geração total de resíduos do condomínio na primeira semana foi de 68,62 kg, enquanto o volume total gerado foi de 0,89 m<sup>3</sup>. Essa massa, dividida entre os 17 moradores que participaram do estudo, resultou que, cada morador do condomínio gerou 4,03 kg de resíduos na semana. No cálculo diário per capita, encontramos um valor de 0,67 kg de geração de resíduos.

Visando facilitar a compreensão da geração de resíduos do condomínio na primeira semana, foi produzido um gráfico com as tipologias encontradas. O gráfico aponta as porcentagens das tipologias geradas, possível de ser visualizado na figura 23.

Figura 23 – Porcentagem das tipologias de resíduos gerados no condomínio residencial, na primeira semana de estudo



Todos resíduos gerados no residencial podem ser divididos em três categorias: resíduos orgânicos, recicláveis e rejeitos. Na primeira semana de estudo,

o condomínio gerou 68,62 kg de resíduos, onde a divisão das três categorias é possível de ser verificada na tabela 6 abaixo.

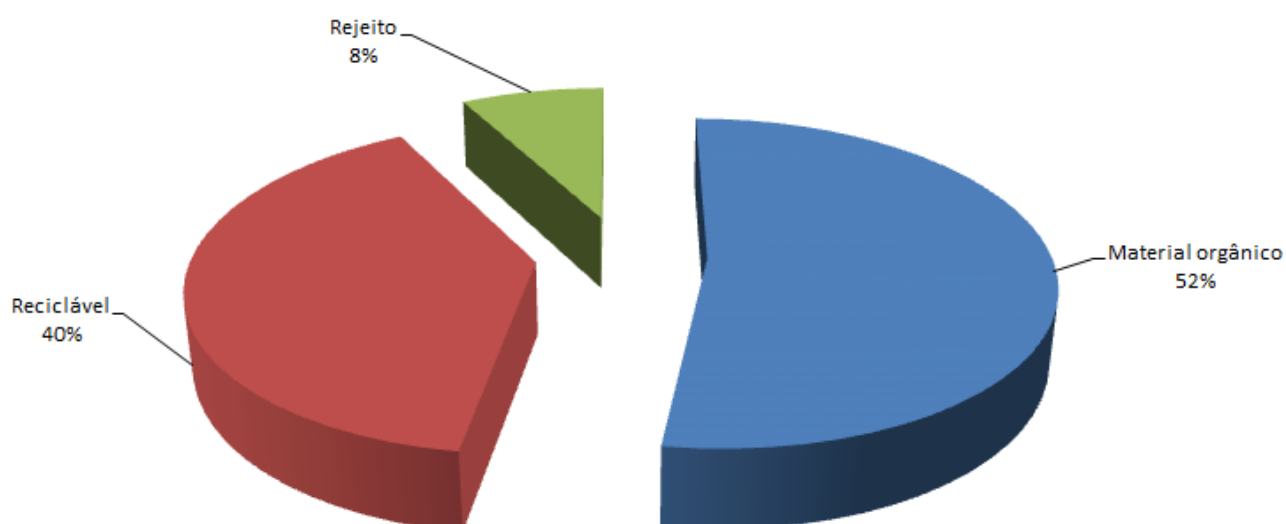
Tabela 6 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido na primeira semana de estudo

<b>Material orgânico</b>	35,98
<b>Recicláveis</b>	27,17
<b>Rejeitos</b>	5,47

O material orgânico é composto pelo resíduo orgânico, os resíduos recicláveis englobam papelão, plástico filme, PET, plástico duro, papel/Jornal, metal, tetra pack e vidro, e os rejeitos englobam madeira, papel higiênico, trapos, fraldas e rejeito (outros). Os rejeitos (outros) são constituídos por isopores, esponjas e borrachas.

As três categorias de resíduos gerados na primeira semana de estudo dos resíduos do condomínio residencial, em porcentagem, são ilustradas em um gráfico, na figura 24.

Figura 24 – Porcentagens de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial



Na primeira semana, cada morador gerou 2,11 kg de resíduo orgânico, 1,59 kg de resíduo reciclável e 0,32 kg de rejeito. Diariamente, esses valores são de 0,30 kg de resíduo orgânico, 0,22 kg de resíduo reciclável e 0,04 kg de rejeito, por pessoa.

#### 4.1.2 Segunda semana de caracterização gravimétrica

A segunda semana de caracterização gravimétrica ocorreu entre os dias 19 de agosto de 2019 (segunda-feira) e 22 de agosto de 2019 (quinta-feira). A proposta inicial incluía a sexta-feira na pesquisa, mas, por questões particulares, nesse dia não foi possível realizar o levantamento. Nos cálculos, a sexta-feira não foi levada em consideração. Na tabela 7, é possível verificar o número de pesagens, o volume em m<sup>3</sup> e a massa obtida em cada pesagem.

Tabela 7 – Pesagem e medição de volume dos resíduos recolhidos na segunda semana de estudo

19/08/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Massa total (KG)	2,60	6,56	5,01	5,68	19,85
Volume (m <sup>3</sup> )	0,07	0,07	0,07	0,07	0,28
20/08/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Massa total (KG)	7,53	3,42	-	-	10,95
Volume (m <sup>3</sup> )	0,07	0,04	-	-	0,11
21/08/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Massa total (KG)	3,98	0,42	-	-	4,40
Volume (m <sup>3</sup> )	0,06	0,01	-	-	0,07
22/08/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Massa total (KG)	6,36	-	-	-	6,36
Volume (m <sup>3</sup> )	0,07	-	-	-	0,07
23/08/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Massa total (KG)	-	-	-	-	-
Volume (m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-

Todo material, após executada a separação por tipologias, passou novamente por pesagem e foi tabelado. Os resultados são possíveis de serem visualizados na tabela 8 logo abaixo.

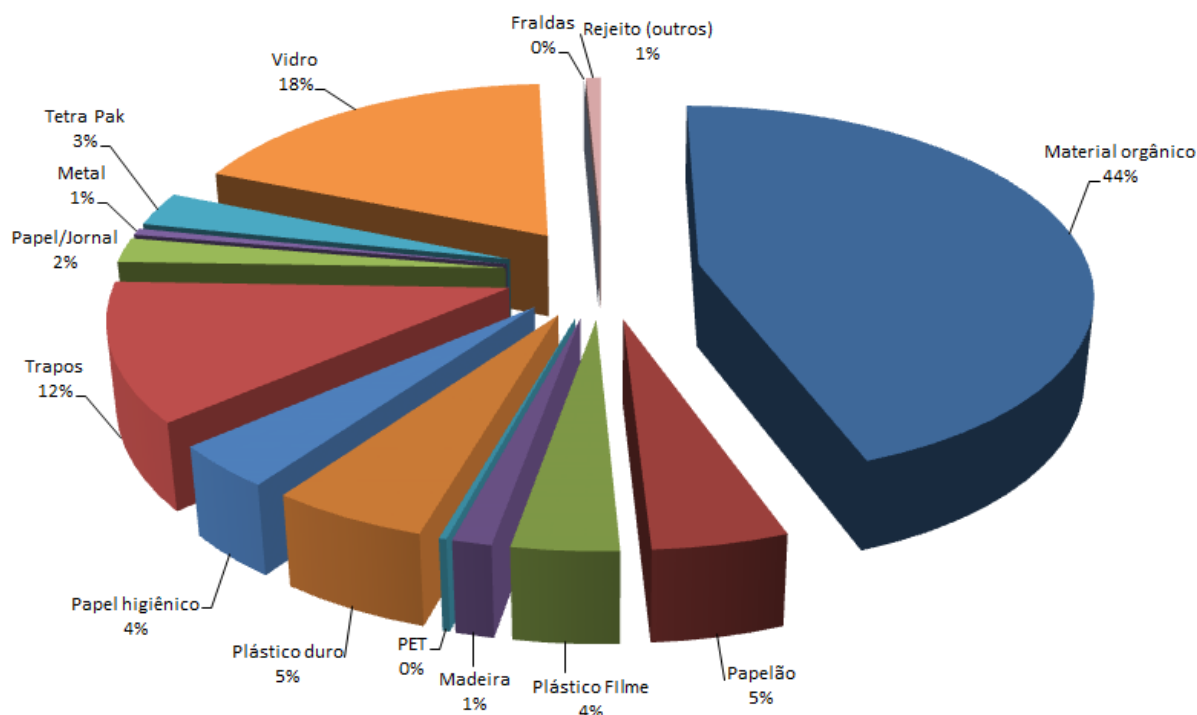
Tabela 8 – Caracterização gravimétrica dos resíduos do condomínio residencial, realizada na segunda semana de estudo

Tipo de resíduo	19/08/19 (kg)	20/08/19 (kg)	21/08/19 (kg)	22/08/19 (kg)	23/08/19 (kg)	Total semana (KG)	Porcentagem (%)
Material orgânico	3,82	6,83	2,62	5,20	0,00	18,47	44,00
Papelão	1,25	0,37	0,25	0,09	0,00	1,96	5,00
Plástico Filme	1,21	0,16	0,10	0,07	0,00	1,54	4,00
Madeira	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	1,00
PET	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
Plástico duro	1,39	0,64	0,08	0,16	0,00	2,27	5,00
Papel higiênico	0,00	0,80	0,29	0,46	0,00	1,55	4,00
Trapos	4,92	0,00	0,00	0,00	0,00	4,92	12,00
Papel/Jornal	0,41	0,20	0,26	0,01	0,00	0,88	2,00
Metal	0,06	0,1	0,07	0,01	0,00	0,24	1,00
Tetra Pak	0,89	0,17	0,08	0,09	0,00	1,23	3,00
Vidro	5,11	1,51	0,64	0,26	0,00	7,52	18,00
Fraldas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rejeito	0,16	0,12	0,01	0,01	0,00	0,30	1,00
<b>Total</b>	<b>19,85</b>	<b>10,95</b>	<b>4,40</b>	<b>6,36</b>	<b>0,00</b>	<b>41,56</b>	<b>100</b>

A geração total de resíduos do condomínio na segunda semana foi de 41,56 kg, enquanto o volume total gerado foi de 0,53 m<sup>3</sup>. Essa massa, dividida entre os 17 moradores que participaram do estudo, resultou que, cada morador do condomínio gerou 2,44 kg de resíduos na semana. No cálculo diário per capita, encontramos um valor de 0,48 kg de geração de resíduos.

Visando facilitar a compreensão da geração de resíduos do condomínio na segunda semana, foi produzido um gráfico com as tipologias encontradas. O gráfico aponta as porcentagens das tipologias geradas, possível de ser visualizado na figura 25.

Figura 25 – Porcentagem das tipologias de resíduos gerados no condomínio residencial, na segunda semana de estudo



Todos resíduos gerados no residencial podem ser divididos em três categorias: resíduos orgânicos, recicláveis e rejeitos. Na segunda semana de estudo, o condomínio gerou 41,56 kg de resíduos, onde a divisão das três categorias é possível de ser verificada na tabela 9 abaixo.

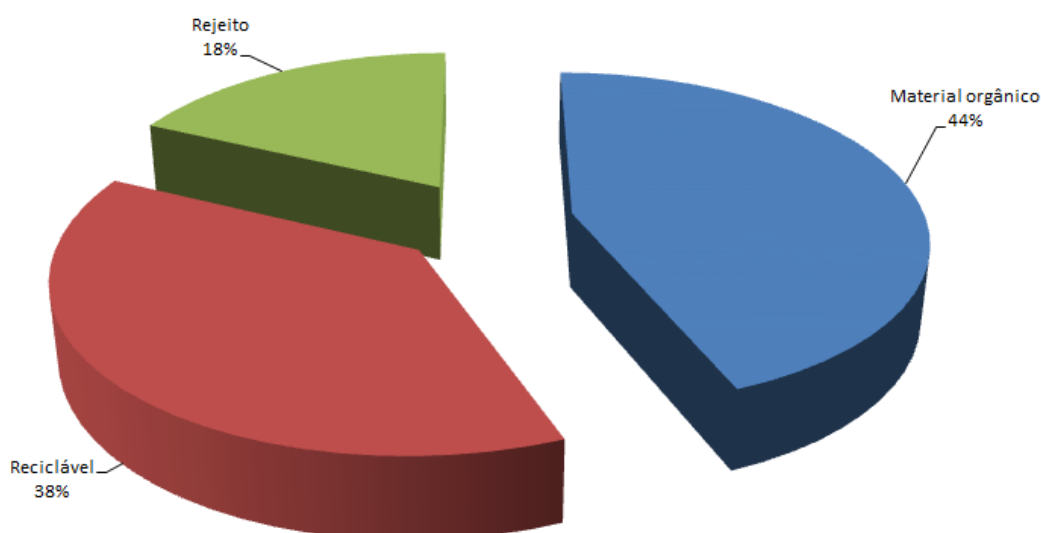
Tabela 9 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido na segunda semana de estudo

<b>Material orgânico</b>	18,47
<b>Recicláveis</b>	15,75
<b>Rejeitos</b>	7,34

O material orgânico é composto pelo resíduo orgânico, os resíduos recicláveis englobam papelão, plástico filme, PET, plástico duro, papel/Jornal, metal, tetra pack e vidro, e os rejeitos englobam madeira, papel higiênico, trapos, fraldas e rejeito (outros). Os rejeitos (outros) são constituídos por isopores, esponjas e borrachas.

As três categorias de resíduos geradas na segunda semana de estudo dos resíduos do condomínio residencial, em porcentagem, são ilustradas em um gráfico, na figura 26.

Figura 26 – Porcentagens de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial



Na segunda semana, cada morador gerou 1,08 kg de resíduo orgânico, 0,92 kg de resíduo reciclável e 0,43 kg de rejeito. Diariamente, esses valores são de 0,18 kg de resíduo orgânico, 0,15 kg de resíduo reciclável e 0,07 kg de rejeito, por pessoa.

#### 4.1.3 Terceira semana de caracterização gravimétrica

A terceira semana de caracterização gravimétrica ocorreu entre os dias 09 de setembro de 2019 (segunda-feira) e 13 de setembro de 2019 (sexta-feira). Na tabela 10, é possível verificar o número de pesagens, o volume em m<sup>3</sup> e a massa obtida em cada pesagem.

Tabela 10 – Pesagens e medição de volume dos resíduos recolhidos na terceira semana de estudo

09/09/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Peso total (KG)	6,16	2,92	3,38	1,89	14,35
Volume (m³)	0,07	0,07	0,07	0,05	0,26
10/09/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Peso total (KG)	6,39	5,10	-	-	11,49
Volume (m³)	0,06	0,04	-	-	0,10
11/09/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Peso total (KG)	3,08	-	-	-	3,08
Volume (m³)	0,06	-	-	-	0,06
12/09/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Peso total (KG)	2,93	-	-	-	2,93
Volume (m³)	0,05	-	-	-	0,05
13/09/2019	Pesagem 1	Pesagem 2	Pesagem 3	Pesagem 4	Total
Peso total (KG)	3,27	2,31	-	-	5,58
Volume (m³)	0,07	0,03	-	-	0,10

Todo material, após executada a separação por tipologias, passou novamente por pesagem e foi tabelado. Os resultados são possíveis de serem visualizados na tabela 11, logo abaixo.

Tabela 11 – Caracterização gravimétrica dos resíduos do condomínio residencial, realizada na terceira semana de estudo

Tipo de resíduo	09/09/19 (kg)	10/09/19 (kg)	11/09/19 (kg)	12/09/19 (kg)	13/09/19 (kg)	Total semana (Kg)	Porcentagem (%)
Material orgânico	2,77	10,65	1,70	1,07	2,56	18,75	43,00
Papelão	0,85	0,00	0,17	0,08	0,10	1,20	6,00
Plástico Filme	1,30	0,09	0,06	0,24	0,22	1,91	3,00
Madeira	0,00	0,00	0,00	0,01	0,54	0,55	2,00
PET	0,20	0,07	0,00	0,00	0,17	0,44	1,00
Plástico duro	1,01	0,09	0,09	0,24	0,56	1,99	5,00

Continua

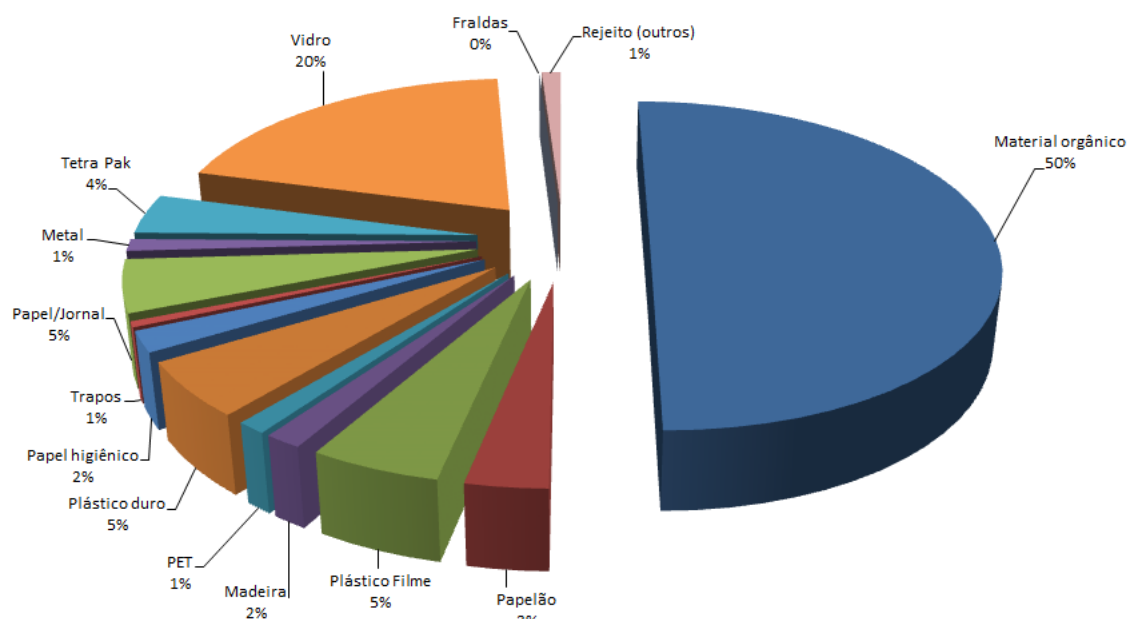
## Continuação

Papel higiênico	0,03	0,30	0,07	0,10	0,26	0,76	6,00
Trapos	0,08	0,07	0,00	0,00	0,06	0,21	0,00
Papel/Jornal	0,27	0,09	0,44	0,16	0,95	1,91	4,00
Metal	0,31	0,06	0,07	0,00	0,00	0,44	2,00
Tetra Pak	0,72	0,07	0,20	0,44	0,03	1,46	3,00
Vidro	6,73	0,00	0,20	0,49	0,00	7,42	24,00
Fraldas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rejeito (outros)	0,08	0,00	0,08	0,10	0,13	0,39	1,00
<b>Total</b>	<b>14,35</b>	<b>11,49</b>	<b>3,08</b>	<b>2,93</b>	<b>5,58</b>	<b>37,43</b>	<b>100</b>

A geração total de resíduos do condomínio na terceira semana foi de 37,43 kg, enquanto o volume total gerado foi de 0,57 m<sup>3</sup>. Essa massa, dividida entre os 17 moradores que participaram do estudo, resultou que, cada morador do condomínio gerou 2,20 kg de resíduos na semana. No cálculo diário per capita, por dia, encontramos um valor de 0,31 kg de geração de resíduos.

Visando facilitar a compreensão da geração de resíduos do condomínio na terceira semana, foi produzido um gráfico com as tipologias encontradas. O gráfico aponta as porcentagens das tipologias geradas, possível de ser visualizado na figura 27.

Figura 27 – Porcentagens das tipologias de resíduos gerados no condomínio residencial, na terceira semana de estudo





Todos resíduos gerados no residencial podem ser divididos em três categorias: resíduos orgânicos, recicláveis e rejeitos. Na terceira semana de estudo, o condomínio gerou 37,43 kg de resíduos, onde a divisão das três categorias é possível de ser verificada na tabela 12 abaixo.

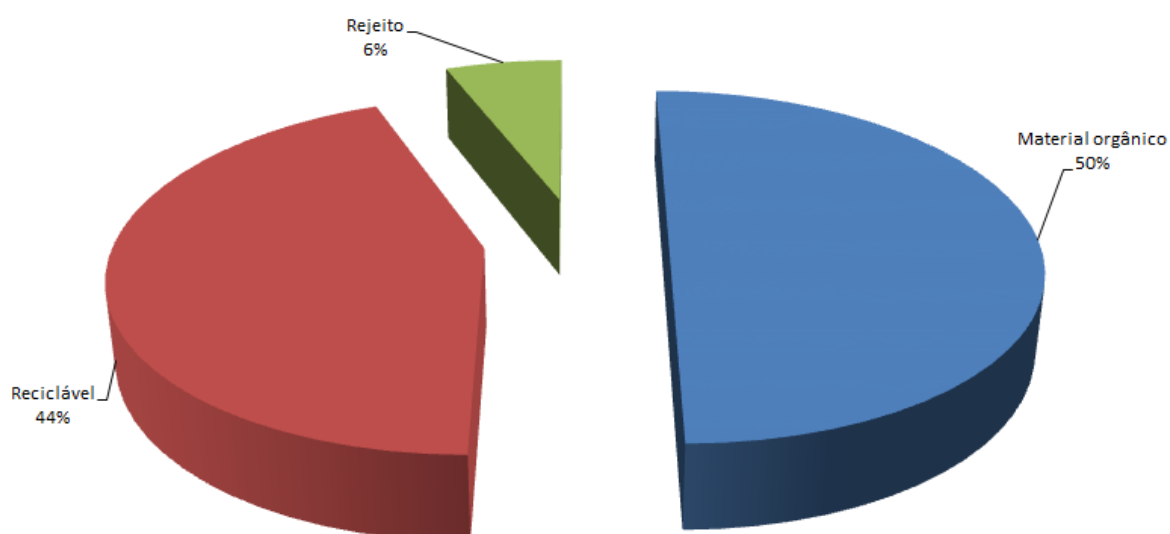
Tabela 12 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido na terceira semana de estudo

<b>Material orgânico</b>	18,75
<b>Recicláveis</b>	16,77
<b>Rejeitos</b>	1,91

O material orgânico é composto pelo resíduo orgânico, os resíduos recicláveis englobam papelão, plástico filme, PET, plástico duro, papel/Jornal, metal, tetra pack e vidro, e os rejeitos englobam madeira, papel higiênico, trapos, fraldas e rejeito (outros). Os rejeitos (outros) são constituídos por isopor, esponja e borracha.

As três categorias de resíduos geradas na terceira semana de estudo dos resíduos do condomínio residencial, em porcentagem, são ilustradas em um gráfico, na figura 28.

Figura 28 – Porcentagens de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial



Na terceira semana, cada morador gerou 1,10 kg de resíduo orgânico, 0,98 kg de resíduo reciclável e 0,11 kg de rejeito. Diariamente, esses valores são de 0,15 kg de resíduo orgânico, 0,14 kg de resíduo reciclável e 0,01 kg de rejeito, por pessoa.

#### 4.1.4 Quarta semana de caracterização gravimétrica

A quarta semana de caracterização gravimétrica ocorreu entre os dias 30 de setembro de 2019 (segunda-feira) e 04 de outubro de 2019 (sexta-feira). Na tabela 13, é possível verificar o número de pesagens, o volume em m<sup>3</sup> e a massa obtida em cada pesagem.

Tabela 13 – Pesagens e medição de volume dos resíduos recolhidos na quarta semana de estudo

<b>30/09/2019</b>	<b>Pesagem 1</b>	<b>Pesagem 2</b>	<b>Pesagem 3</b>	<b>Total</b>
Peso total (KG)	3,93	6,26	6,01	16,20
Volume (m <sup>3</sup> )	0,07	0,07	0,06	0,20
<b>01/10/2019</b>	<b>Pesagem 1</b>	<b>Pesagem 2</b>	<b>Pesagem 3</b>	<b>Total</b>
Peso total (KG)	7,18	3,77	-	10,95
Volume (m <sup>3</sup> )	0,07	0,05	-	0,12
<b>02/10/2019</b>	<b>Pesagem 1</b>	<b>Pesagem 2</b>	<b>Pesagem 3</b>	<b>Total</b>
Peso total (KG)	1,90	2,62	1,18	5,70
Volume (m <sup>3</sup> )	0,05	0,07	0,03	0,15
<b>03/10/2019</b>	<b>Pesagem 1</b>	<b>Pesagem 2</b>	<b>Pesagem 3</b>	<b>Total</b>
Peso total (KG)	5,69	-	-	5,69
Volume (m <sup>3</sup> )	0,05	-	-	0,05
<b>04/10/2019</b>	<b>Pesagem 1</b>	<b>Pesagem 2</b>	<b>Pesagem 3</b>	<b>Total</b>
Peso total (KG)	4,62	3,21	-	7,83
Volume (m <sup>3</sup> )	0,07	0,05	-	0,12

Todo material, após executada a separação por tipologias, passou novamente por pesagem e foi tabelado. Os resultados são possíveis de serem visualizados na tabela 14, logo abaixo.

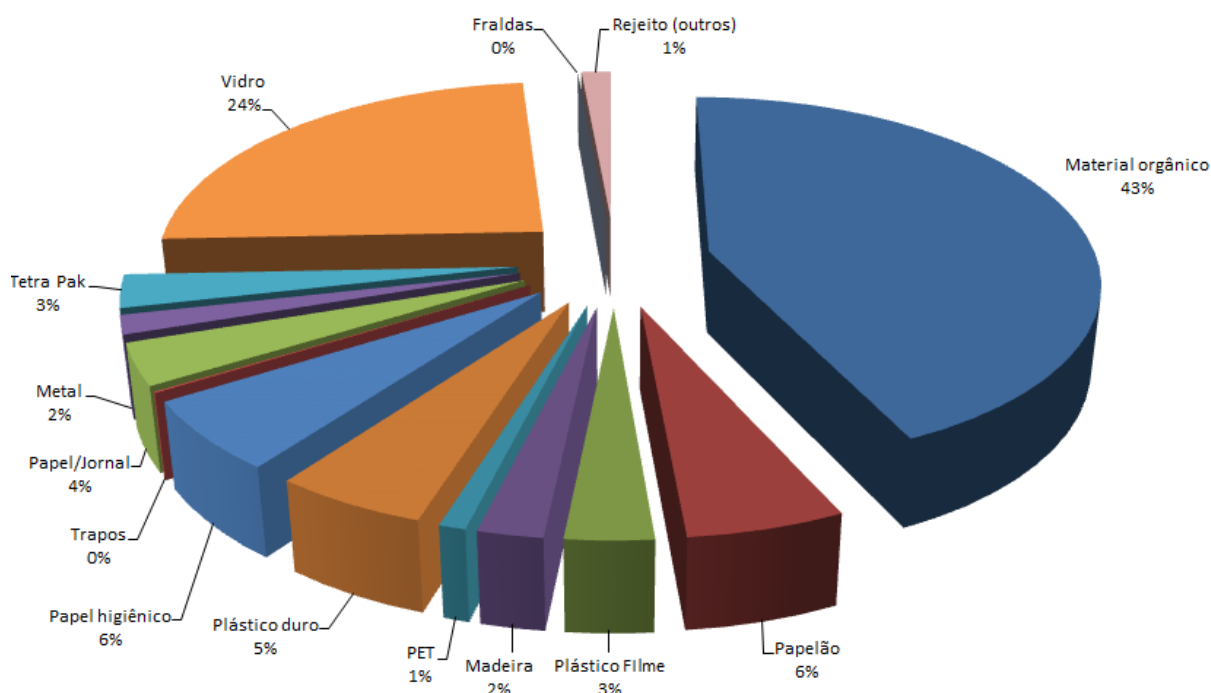
Tabela 14 – Caracterização gravimétrica dos resíduos do condomínio residencial, realizada na quarta semana de estudo

Tipo de resíduo	30/09/19 (kg)	01/10/19 (kg)	02/10/19 (kg)	03/10/19 (kg)	04/10/19 (kg)	Total semana	Porcentagem (%)
Material orgânico	2,75	6,83	2,41	4,28	4,11	20,38	43,00
Papelão	1,71	0,37	0,20	0,10	0,20	2,58	6,00
Plástico Filme	0,81	0,16	0,12	0,16	0,19	1,44	3,00
Madeira	0,00	0,40	0,00	0,67	0,00	1,07	2,00
PET	0,09	0,05	0,10	0,03	0,17	0,44	1,00
Plástico duro	0,85	0,64	0,27	0,20	0,55	2,51	5,00
Papel higiênico	0,00	0,80	1,08	0,28	0,67	2,83	6,00
Trapos	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,05	0,00
Papel/Jornal	0,30	0,20	0,36	0,08	0,75	1,69	4,00
Metal	0,25	0,10	0,30	0,04	0,08	0,77	2,00
Tetra Pak	0,57	0,17	0,30	0,20	0,12	1,36	3,00
Vidro	8,73	1,51	0,44	0,25	0,50	11,43	24,00
Fraldas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rejeito (outros)	0,14	0,12	0,12	0,06	0,24	0,68	1,00
<b>Total</b>	<b>16,20</b>	<b>10,95</b>	<b>5,70</b>	<b>5,69</b>	<b>7,83</b>	<b>46,37</b>	<b>100</b>

A geração total de resíduos do condomínio na quarta semana foi de 46,37 kg, enquanto o volume total gerado foi de 0,64 m<sup>3</sup>. Essa massa, dividida entre os 17 moradores que participaram do estudo, resultou que, cada morador do condomínio gerou 2,72 kg de resíduos na semana. No cálculo diário per capita, encontramos um valor de 0,45 kg de geração de resíduos.

Visando facilitar a compreensão da geração de resíduos do condomínio na segunda semana, foi produzido um gráfico com as tipologias encontradas. O gráfico aponta as porcentagens das tipologias geradas, possível de ser visualizado na figura 29.

Figura 29 – Porcentagens das tipologias de resíduos gerados no condomínio residencial, na quarta semana de estudo



Todos resíduos gerados no residencial podem ser divididos em três categorias: resíduos orgânicos, recicláveis e rejeitos. Na quarta semana de estudo, o condomínio gerou 46,37 kg de resíduos, onde a divisão das três categorias é possível de ser verificada na tabela 15 abaixo.

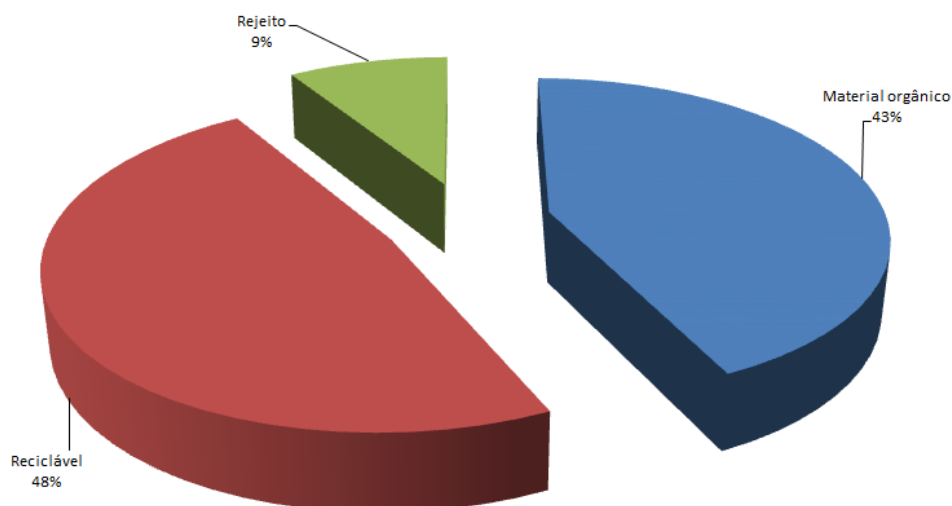
Tabela 15 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido na quarta semana de estudo

<b>Material orgânico</b>	20,38
<b>Recicláveis</b>	22,22
<b>Rejeitos</b>	3,77

O material orgânico é composto pelo resíduo orgânico, os resíduos recicláveis englobam papelão, plástico filme, PET, plástico duro, papel/Jornal, metal, tetra pack e vidro, e os rejeitos englobam madeira, papel higiênico, trapos, fraldas e rejeito (outros). Os rejeitos (outros) são constituídos por isopores, esponjas e borrachas.

As três categorias de resíduos gerados na quarta semana de estudo dos resíduos do condomínio residencial, em porcentagem, são ilustradas em um gráfico, na figura 30.

Figura 30 – Porcentagens de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial



Na quarta semana, cada morador gerou 1,19 kg de resíduo orgânico, 1,30 kg de resíduo reciclável e 0,22 kg de rejeito. Diariamente, esses valores são de 0,17 kg de resíduo orgânico, 0,17 kg de resíduo reciclável e 0,03 kg de rejeito, por pessoa.

#### 4.1.5 Média das caracterizações gravimétricas

Levando em consideração os valores obtidos nas quatro semanas de estudo, realizado nos meses de julho, agosto, setembro e outubro, a tabela 16 apresenta a média semanal de massa em kg e de volume em m<sup>3</sup> gerados.

Tabela 16 – Média de massa e volume no condomínio residencial em estudo

Semanas	Massa total (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )
Primeira semana	68,62	0,89
Segunda semana	41,56	0,53
Terceira semana	37,43	0,57
Quarta semana	46,37	0,64
<b>Média semanal</b>	<b>48,50</b>	<b>0,65</b>

A média semanal de geração de resíduos do condomínio residencial foi de 48,50 kg, enquanto a média de volume foi de 0,65 m<sup>3</sup>. Essa massa, dividida entre os 17 moradores que participaram do estudo, resultou em uma média semanal de 2,85 kg de geração de resíduos por morador. No cálculo diário, per capita, encontramos uma geração média de 0,48 kg de resíduos. Para calcular as médias, consideramos seis dias a semana.

A média de 0,48 kg de geração diária per capita no condomínio residencial, se aproxima do valor encontrado por Konrad et al., (2014), onde foi alcançado 0,44 kg como média diária de geração de resíduos por habitante, em um consórcio de 30 municípios no interior do Rio Grande do Sul, no ano de 2011.

No entanto, há outras referências com valores um pouco mais elevados. Konrad, Casaril e Schmitz (2010), obtiveram valores onde a média de geração de resíduos per capita por dia é de 0,6 kg. Albertin et al., (2011), em um estudo dos resíduos sólidos de uma cidade do Paraná, encontrou geração diária per capita de 0,80 kg de resíduos. Já Rezende et al., (2013), analisando os resíduos sólidos urbanos de uma cidade no estado de São Paulo, encontrou uma geração diária per capita de 0,64 kg de resíduos.

Em conversa com os moradores do residencial, foi constatado que a baixa média per capita de geração de resíduos dos moradores, se dá em função de que os mesmos realizam suas refeições em ambiente externo, gerando assim, menos resíduos no condomínio residencial.

Visando facilitar a compreensão da geração de resíduos do condomínio, foi produzido uma tabela com as tipologias encontradas nas quatro semanas de estudo, assim como a média semanal de ambas. Na tabela 17 é possível visualizar todas essas informações.

Tabela 17 – Tipologias e média geradas nas semanas de estudo

Tipologias	Primeira semana (kg)	Segunda semana (kg)	Terceira semana (kg)	Quarta semana (kg)	Média semanal (kg)	Porcentagem (%)
Material orgânico	35,98	18,47	18,75	20,38	23,40	48,00
Papelão	5,59	1,96	1,20	2,58	2,83	6,00
Plástico Filme	1,42	1,54	1,91	1,44	1,58	3,00
Madeira	0,05	0,57	0,55	0,21	0,35	1,00
PET	0,65	0,11	0,44	0,44	0,41	1,00
Plástico duro	3,42	2,27	1,99	2,51	2,55	5,00
Papel higiênico	3,87	1,55	0,76	2,83	2,25	5,00
Trapos	0,45	4,92	0,21	0,05	1,41	3,00
Papel/Jornal	2,60	0,88	1,91	1,69	1,77	4,00
Metal	1,47	0,24	0,44	0,77	0,73	1,00
Tetra Pak	1,90	1,23	1,46	1,36	1,49	3,00
Vidro	10,12	7,52	7,42	11,43	9,12	19,00
Fraldas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rejeito (outros)	1,10	0,30	0,39	0,68	0,62	1,00
Total	68,62	41,56	37,43	46,37	48,50	100

A grande maioria das médias de tipologias encontradas, tem valores semelhantes a outros estudos realizados. A média de 48% de geração de resíduos orgânicos do condomínio residencial em estudo, se aproxima dos valores encontrados por Konrad, Casaril e Schmitz (2010), que foram de 46,1% de resíduos orgânicos no município avaliado. Essa média de 48% também se aproxima de valores da Cidade do México, onde Durán Moreno et al., (2013), encontrou 49,5% de resíduos orgânicos.

No entanto, Hoornweg e Bhada-Tata (2012) trazem dados da OCDE, que engloba os 29 países mais desenvolvidos da Europa Ocidental, América do Norte, Oceania, Japão e Coréia. Lá, a geração de resíduos orgânicos atinge apenas 27%, contrariando a grande maioria das bibliografias e pesquisas encontradas. Já no Oriente Médio e África Setentrional, Hoornweg e Bhada-Tata (2012) encontraram uma geração de resíduos orgânicos de 61%.

Tratando-se de vidro, Frésca (2007), salienta que a geração de vidro na cidade de São Carlos, em São Paulo, em 2007, foi de 1,67%. No entanto, Rezende (2013), frisa que em 2010, encontrou um valor de geração de vidro de 2,7% na cidade de Jaú, em São Paulo.

Segundo CEMPRE (2014), o vidro representa cerca de 2,4% da composição dos resíduos domiciliares gerados no Brasil. Konrad, Casaril e Schmitz (2010) encontraram um valor de 2,6% de geração de vidro, no município de Lajeado, Rio Grande do Sul.

A média de valor encontrado no presente estudo é altamente superior a de outras bibliografias. A grande diferença de valores, se dá em função de que o condomínio residencial em estudo é de padrão socioeconômico alto, onde os moradores do mesmo consomem uma alta taxa de vinhos e sucos, envazados em garrafas de vidro. Ainda, cabe salientar que as garrafas tem elevado peso, o que faz com que a porcentagem média de geração de vidro atinja 19%.

Tratando-se de metais, o condomínio residencial em estudo gera em média, 1% de metal. O valor é próximo se comparado a outras bibliografias, como a de Hoornweg e Bhada-Tata (2012), onde foi constatado que a geração de metal é de 2% na América Latina e Caribe. CEMPRE (2014) indica que é de 2,9% a porcentagem de metal gerado no Brasil.

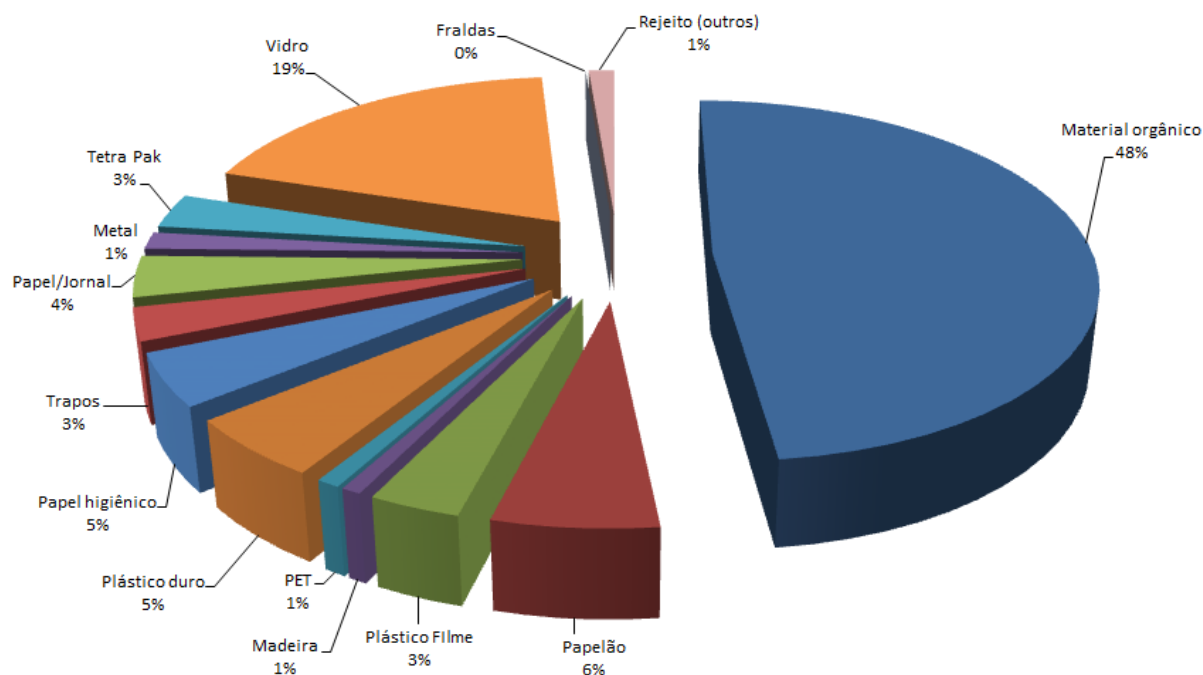
Números obtidos por Konrad, Casaril e Schmitz (2010) no município de Lajeado, apresenta que fraldas são 11% dos resíduos. Os valores no residencial para fraldas é de 0%, visto que, não há nenhuma criança usuária de fraldas no condomínio.

O plástico filme apresenta certa diferença, visto que é de 9% os valores encontrados por Konrad, Casaril e Schmitz (2010), enquanto os gerados no condomínio residencial são de 3%. A geração média de papel higiênico gerada pelos moradores do condomínio residencial é de 5%, da qual são próximos dos encontrados por Konrad, Casaril e Schmitz (2010), onde são de 8%.



Com o intuito de facilitar a compreensão da média das tipologias geradas durante o estudo, foi produzido um gráfico. O gráfico aponta as porcentagens médias das tipologias geradas, possível de ser visualizada na figura 31.

Figura 31 – Média das tipologias encontradas durante as quatro semanas de estudo



Os resíduos gerados no residencial nas quatro semanas foram divididos em três categorias: resíduos orgânicos, recicláveis e rejeitos. Durante as semanas de estudo, o condomínio gerou uma média semanal de 48,50 kg de resíduos, onde a divisão das três categorias é possível de ser verificada na tabela 18 abaixo.

Tabela 18 – Quantidade de material orgânico, reciclável e rejeito produzido nas semanas de estudo

Semanas	Material orgânico	Reciclável	Rejeito
Primeira semana	35,98	27,17	5,47
Segunda semana	18,47	15,75	7,34
Terceira semana	18,75	16,77	1,91
Quarta semana	20,38	22,22	3,77
<b>Média semanal</b>	<b>23,40</b>	<b>20,48</b>	<b>4,62</b>

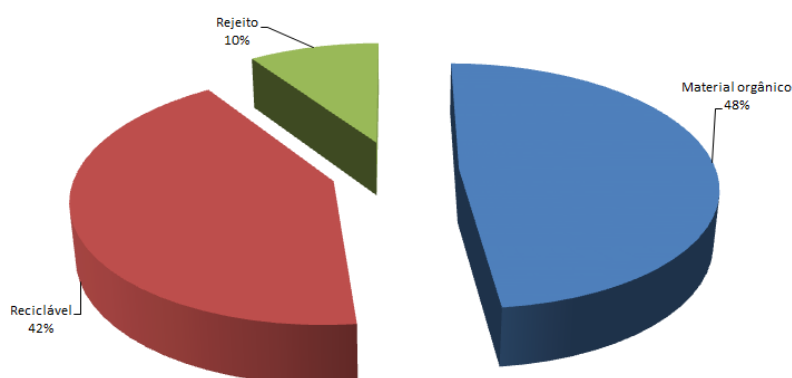
O material orgânico é composto pelo resíduo orgânico, que apresentou uma geração média semanal de 23,40 kg por semana. Os resíduos recicláveis englobam

papelão, plástico filme, PET, plástico duro, papel/Jornal, metal, tetra pack e vidro, apresentando uma geração média semanal de 20,48 kg por semana.

Os rejeitos englobam madeira, papel higiênico, trapos, fraldas e rejeito (outros). Os rejeitos (outros) são constituídos por isopor, esponja e borracha. O rejeito apresenta uma geração média semanal de 4,62 kg por semana.

As três médias semanais de categorias de resíduos gerados nas semanas de estudo dos resíduos do condomínio residencial, em porcentagem, podem ser visualizadas no gráfico da figura 32.

Figura 32 – Porcentagens médias de material orgânico, reciclável e rejeito do condomínio residencial nas quatro semanas de estudo



O valor de 48% de geração de material orgânico do condomínio residencial se aproxima de bibliografias como a de Konrad, Casaril e Schmitz (2010), onde foi registrada a geração de 46% de resíduos orgânicos. Konrad et al., (2009) encontrou um valor de geração de resíduos orgânicos de 46,50% no município de Lajeado, durante a estação de inverno.

Os valores de resíduos recicláveis e rejeitos do condomínio residencial são de 42% e 10%, respectivamente. Konrad, Casaril e Schmitz (2010), encontraram valores de resíduos recicláveis e rejeitos, de 29% e 25%, respectivamente. Konrad et al., (2009), encontrou no município de Lajeado, no inverno, valores de resíduos recicláveis de 25,3% e de rejeitos de 28,20%, enquanto Reichert e Mersoni (2017), encontraram que a porcentagem que é considerada rejeito nos resíduos sólidos do município de Garibaldi é de 26,9%.

A grande diferença dos valores, tanto dos recicláveis e dos rejeitos, se dá em função do fato já citado, onde os moradores do condomínio consomem uma alta taxa de vinhos e sucos, envazados em garrafas de vidro. Esse fato acarretou em resultados diferentes de outros locais estudados. Se o residencial gerasse porcentagens de vidro semelhantes à de outras bibliografias, possivelmente, teria números bem semelhantes aos anteriormente citados, tanto resíduos recicláveis como de rejeitos.

A partir desses valores médios, é possível estimar a futura geração de resíduos do condomínio residencial. Atualmente, dos 54 lotes, 5 estão ocupados e participando do estudo de seus resíduos. Levando em consideração que as 5 residências geram 48,50 kg de resíduos e 0,65 m<sup>3</sup> de volume, as 54 residências gerariam, em média 523,69 kg de resíduos e 7,02 m<sup>3</sup> de volume semanalmente.

#### **4.2 Protótipo para tratamento dos resíduos sólidos orgânicos do condomínio residencial**

O protótipo construído para acondicionar os resíduos orgânicos gerados no condomínio, foi construído em um local escolhido pelos moradores na reunião realizada no dia 20 de julho de 2019. A composteira conta com 1,50 metros de comprimento, 1,00 metro de largura e 1,00 metro de altura, possível de ser visualizado na figura 33.

Figura 33 – Comprimento, largura e altura da composteira construída para acondicionar resíduos orgânicos do condomínio residencial



Como já citado, o resíduo orgânico, se em contato direto e constante com a chuva, pode ocasionar odores ao composto, devido à umidade. A fim de inibir o contato direto com a chuva, foi utilizada uma lona como “teto” da composteira. O protótipo construído no residencial é apresentado na figura 34.

Figura 34 – Protótipo construído para receber os resíduos orgânicos gerados no condomínio residencial

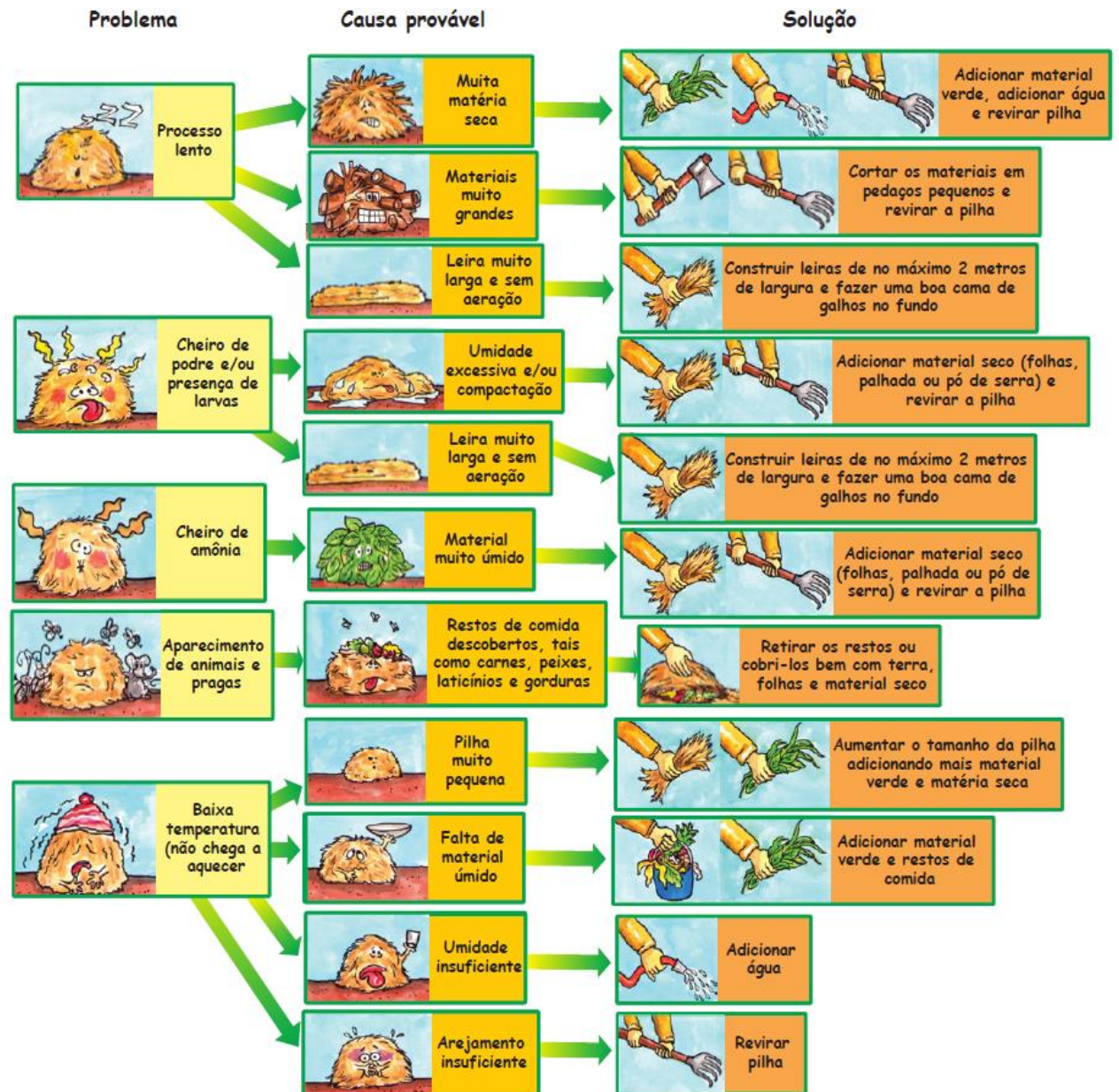


#### **4.3 Avaliação do protótipo desenvolvido**

A avaliação do processo de compostagem foi executada de maneira bem simples e a olho nu. Segundo Brasil (2017), através do manual de orientação de compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos, produzido pelo Ministério do Meio Ambiente, é possível visualizar diversos problemas que a leira de compostagem pode enfrentar. Ambos podem ser visualizados na figura 35.



Figura 35 – Dicas para manter a composteira sempre da maneira ideal



Fonte: Manual de orientação de compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos (2017).

Na leira de compostagem, no início do processo, apareceram alguns pássaros. Após consulta ao manual de compostagem, foi feito o cobrimento do composto com terra. Feito isso, os mesmos não voltaram a aparecer. O revolvimento da matéria orgânica da composteira foi executado periodicamente e de maneira braçal, visto ser a maneira mais indicada para pequenas leiras de compostagem, de acordo com o que preconiza Inácio e Miller (2009).

O processo de degradação da matéria orgânica ocorreu e continua ocorrendo dentro do esperado, visto que a aeração era feita periodicamente, assim como a adição de matéria seca, quando necessário.

Inácio e Miller (2009) salientam que, os materiais orgânicos que forem dispostos na composteira não devem ser grandes, facilitando assim, a degradação dos mesmos. Pensando nisso, toda matéria orgânica do condomínio residencial era rasgada com as próprias mãos, facilitando assim, a degradação dos resíduos.

A cobertura da composteira evitou o contato direto com a chuva, o que inibiu a alta umidade dentro da composteira. A adição periódica de matéria seca, também contribuiu para que a umidade dentro da composteira não fosse tão alta.

Na composteira foram adicionados 93,58 kg de resíduos orgânicos, proveniente dos quatro meses de estudo. Na avaliação da massa do composto, após o período de julho a outubro, foi constatada alta redução de volume da matéria orgânica na composteira, que é possível de ser visualizado na figura 36.

Figura 36 – Matéria orgânica em julho e matéria orgânica em outubro de 2019



A avaliação do composto de maneira geral indica que os moradores do condomínio residencial no futuro, poderão utilizar os húmus da compostagem para ajardinamento. Destaca-se que foram adicionados durante o período de estudo, diversos tipos de matérias orgânicas geradas nas residências do condomínio residencial. Em diversas ocasiões, pedaços de carne e ossos eram retirados da leira, visando inibir o aparecimento de roedores, pragas e odores. Ambos, na avaliação final do composto, não apresentaram sinais de aparecimento.



#### 4.4 Local de acondicionamento dos resíduos passíveis de reciclagem

Levando em consideração que os moradores do residencial geram em média 0,65 m<sup>3</sup> de volume de resíduos por semana, foi proposto que o condomínio adquirisse dois containers de 1 m<sup>3</sup> cada, o que equivale a 1000 litros de volume cada um.

Em um primeiro momento, os dois containers darão conta da demanda de resíduos gerados pelos atuais moradores, visto que, os resíduos ficarão apenas sete dias acondicionados nos containers. Os resíduos recicláveis serão recolhidos uma vez por semana na parte da manhã, pela coleta seletiva do município, conforme data pré-estabelecida pela Prefeitura Municipal de Lajeado para o bairro em que o condomínio fica localizado.

O local escolhido pelos moradores para a instalação dos containers será no mesmo local onde foi executada a gravimetria dos resíduos. O local é coberto, conta com uma porta lateral, onde os resíduos poderão ser facilmente removidos. O modelo de container que deverá ser instalado é semelhante ao que já é utilizado no município de Lajeado para a coleta dos resíduos passíveis de serem reciclados. O local, já com a projeção dos containers instalados, é possível de ser visualizado na figura 37.

Figura 37 – Local onde serão acondicionados os resíduos recicláveis do condomínio residencial

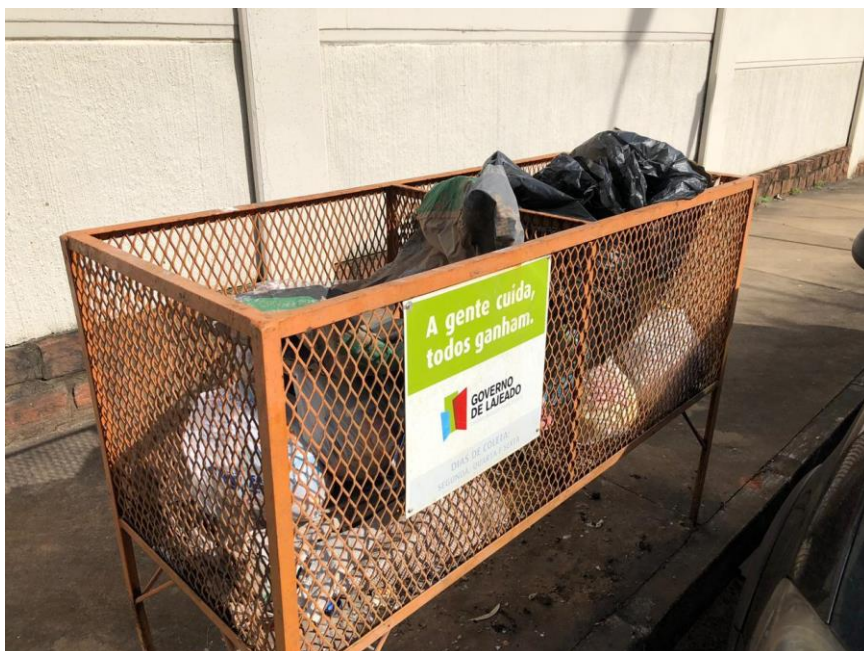


#### 4.5 Local de acondicionamento dos resíduos considerados rejeitos

Os resíduos considerados rejeitos (papel higiênico, fraldas, esponjas, isopores, espumas, borrachas, trapos, entre outros), continuarão sendo destinados na lixeira pública, que fica localizada em frente ao condomínio residencial.

As lixeiras não são utilizadas apenas pelos moradores do residencial, mas também pelos outros moradores da rua. Na figura 38, é possível visualizar a lixeira onde os resíduos considerados rejeitos são colocados atualmente.

Figura 38 – Lixeira onde é realizada a coleta dos resíduos sólidos dos moradores do residencial



Atualmente, a lixeira supre a necessidade dos atuais moradores do residencial, mas, pensando que, futuramente, quando o condomínio tiver os 54 lotes com moradia, será necessário que a Prefeitura Municipal de Lajeado instale mais lixeiras, visto que a geração de resíduos será completamente maior.

#### 4.6 Local de acondicionamento de resíduos perigosos

O condomínio residencial irá contar com um local para o acondicionamento de pilhas, baterias, eletrônicos e eletrodomésticos sem conserto e lâmpadas, que serão

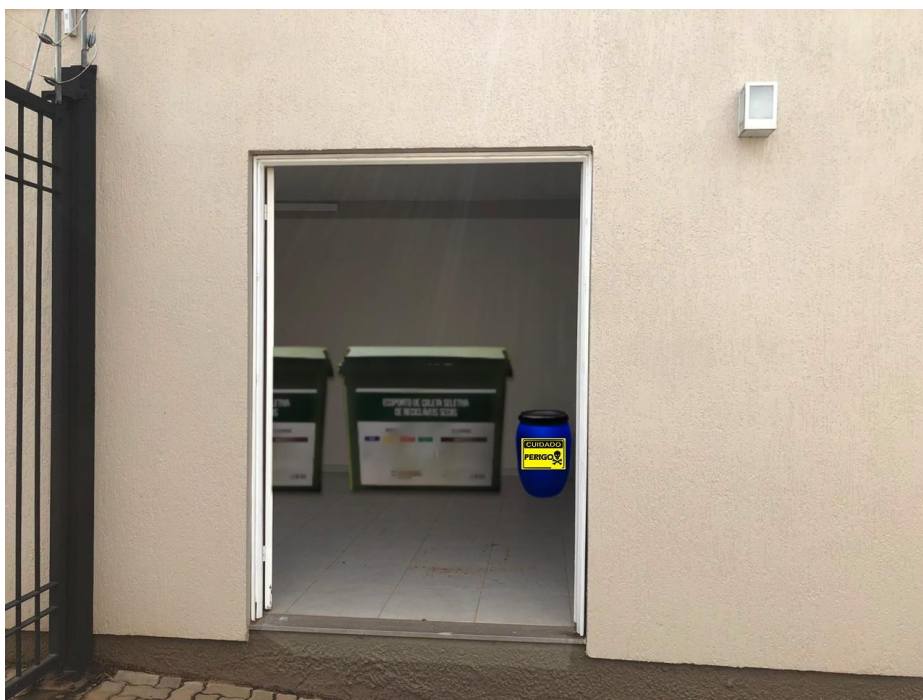


denominados de resíduos perigosos. Nos quatro meses de caracterização gravimétrica dos resíduos, nenhum desses materiais foi encontrado, mas, sabe-se que esses materiais são utilizados por todas as pessoas do residencial, por isso, a necessidade de um local para seu acondicionamento.

Segundo a NBR 12235 (1992), o armazenamento de resíduos sólidos perigosos deve ser feito em tambores cilíndricos, de capacidade máxima de 250 litros. A NBR 12235 (1992) indica que os tambores devem estar localizados, preferencialmente, em locais cobertos e bem ventilados, sobre uma base de concreto ou piso.

Os tambores dentro do condomínio residencial ficarão no mesmo local que os containers de acondicionamento de resíduos recicláveis, pois, além de ser um local coberto, tem piso como base e não terá circulação de pessoas. Os tambores serão rotulados, a fim de obter uma rápida identificação dos resíduos armazenados. Periodicamente, os resíduos serão encaminhados para a secretaria de meio ambiente de Lajeado. O local, já com a projeção dos tambores, é possível de ser visualizado na figura 39.

Figura 39 – Local onde serão acondicionados os resíduos perigosos do condomínio residencial



#### **4.7 Incentivo ao descarte adequado dos resíduos orgânicos e inorgânicos dos moradores do condomínio residencial**

Após as quatro semanas de estudo, foram apresentados aos moradores do condomínio residencial, os resultados obtidos na geração de resíduos sólidos dos mesmos. A apresentação visou que os moradores pudessem visualizar e entender como é o comportamento de seus próprios resíduos. Feito isso, foi explicado aos moradores, que os mesmos deveriam ser os principais agentes do processo, para que a gestão de resíduos do condomínio residencial pudesse ser executada da maneira correta.

Visando auxiliar os moradores na gestão dos resíduos, foi produzido um material didático, nomeado de Manual de procedimentos de gestão de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos feito exclusivamente para os moradores do residencial.

O manual apresenta a divisão correta dos resíduos orgânicos, recicláveis, rejeitos e perigosos gerados pelos moradores do residencial, bem como o local de destinação dos mesmos. Além disso, o manual apresenta diversas dicas para manter a composteira funcionando da maneira correta. Foi entregue um exemplar do manual para cada residência, visando que os mesmos pudessem fazer a consulta, quando necessário. O manual, que conta com duas páginas, pode ser visualizado nas figuras 40 e 41.

Figura 40 – Página 01 do Manual de procedimentos de gestão de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos do condomínio residencial

## MANUAL

### DE PROCEDIMENTOS DE GESTÃO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E DOMÉSTICOS

Para termos um condomínio residencial mais sustentável, nada melhor que começarmos a fazer a separação correta de nossos resíduos domésticos.

**VOCÊ PRECISA SEPARAR SEUS RESÍDUOS EM 4 TIPOS:**



#### RECICLÁVEIS

- \* Papel
- \* Jornal
- \* Papelão
- \* PET
- \* Plástico duro
- \* Plástico filme
- \* Latas e metais
- \* Tetra Pak
- \* Vidro



#### ORGÂNICOS

- \* Restos de legumes
- \* Cascas de frutas
- \* Sobras de alimentos
- \* Restos de verduras
- \* Cascas de ovos
- \* Guardanapos
- \* Podas de plantas
- \* Saquinhos de chá
- \* Borras de café com filtro



#### REJEITOS

- \* Madeira
- \* Papel higiênico e fraldas
- \* Absorventes
- \* Fitas adesivas
- \* Trapos e borrachas
- \* Esponjas e isopor



#### PERIGOSOS

- \* Pilhas
- \* Baterias
- \* Eletrônicos
- \* Eletrodomésticos s/ conserto
- \* Lâmpadas

## DESTINO DOS RESÍDUOS



#### RECICLÁVEIS

Ficarão acondicionados nos containers dentro do residencial, para posteriormente serem recolhidos pela coleta seletiva municipal.



#### ORGÂNICOS

Serão colocados diretamente na composteira do condomínio.



#### REJEITOS

Serão colocados diretamente na lixeira municipal que fica localizada em frente ao condomínio residencial.



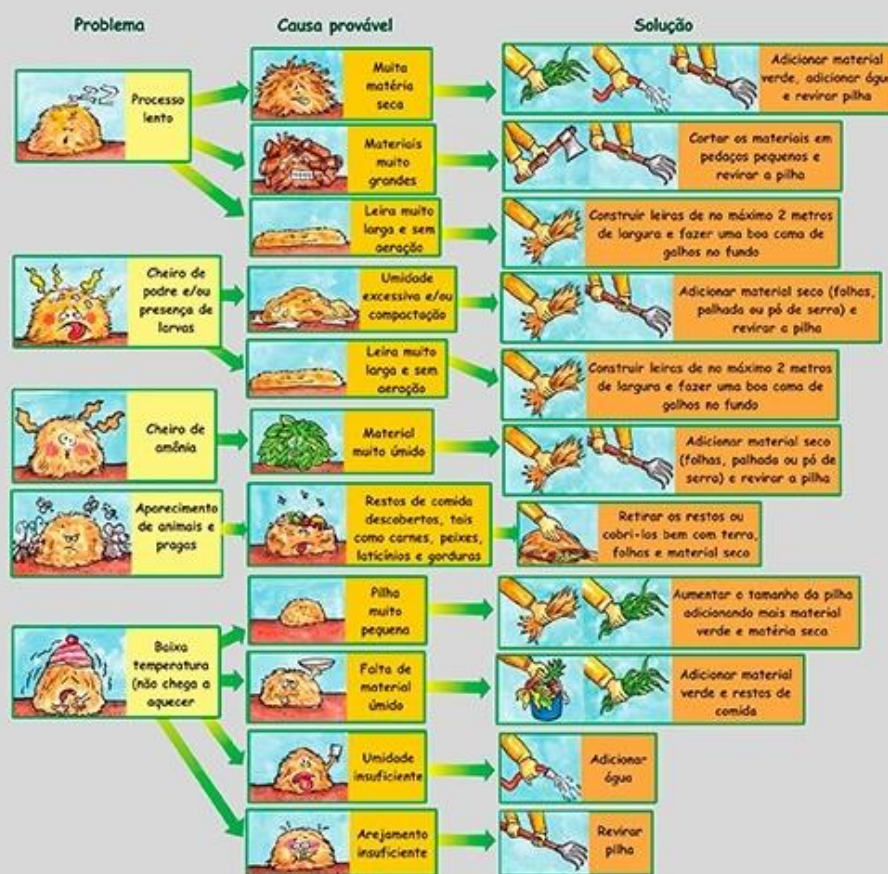
#### PERIGOSOS

Ficarão acondicionados nos locais destinados a eles dentro do residencial, para posteriormente serem encaminhados à Secretaria do Meio Ambiente de Lajeado.

\*Este manual trata-se de uma proposta inicial, podendo sofrer alterações, visando melhorias na gestão dos resíduos do condomínio.

Figura 41 – Página 02 do Manual de procedimentos de gestão de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos do condomínio residencial

Para que sua composteira funcione corretamente e seu resíduo orgânico possa ser degradado, aqui vão algumas dicas do Manual de Compostagem do Governo Federal, que indica possíveis problemas que possam vir a ocorrer, suas causas e suas respectivas soluções:



Uma cidade mais limpa e sustentável só dependendo de você! Colabore!

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo principal, realizar a gestão de resíduos de condomínio residencial localizado em Lajeado, realizando um estudo da geração dos resíduos, e através dele, propor um protótipo para tratamento dos resíduos orgânicos, um local para o acondicionamento dos resíduos recicláveis, perigosos e também de rejeitos.

Através da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares, foi possível concluir que cada morador do condomínio residencial gera, em média, 2,85 kg de resíduos por semana e 0,48 kg de resíduos por dia. Desse montante, 48% são resíduos orgânicos. 42% são resíduos recicláveis, subdivididos entre papelão, plástico duro e plástico filme, PET, papel e jornal, metal, tetra pak e vidro. Os 10% restantes, considerados rejeitos, são resultantes de papel higiênico, madeira, trapos e rejeito (outros), que é composto por isopor, borracha e esponja.

Todo resíduo orgânico do residencial foi e continuará sendo destinado para a composteira, que foi construída exclusivamente para decompor os resíduos orgânicos do condomínio. A matéria orgânica apresentou grande redução de volume durante o período em estudo, não apresentando qualquer resquício de odores ou aparecimento de pragas. A matéria seca adicionada na compostagem auxiliou para que a mesma não ficasse tão úmida, contribuindo no processo de degradação da matéria orgânica.

De maneira geral, a participação dos moradores do condomínio no estudo foi considerada positiva. Na reunião final realizada com os moradores, foram apresentados os números de geração de resíduos do condomínio, bem como a

sistemática ideal para obter a gestão completa dos resíduos. Na reunião, os moradores do condomínio receberam um manual de compostagem, denominado de Manual de procedimentos de gestão de gerenciamento de resíduos sólidos domésticos, elaborado exclusivamente para o uso do condomínio residencial.

O manual irá auxiliar os moradores na separação dos resíduos de suas residências, bem como dicas que visam manter a composteira funcionando perfeitamente. Os moradores do condomínio se propuseram a realizar a separação de resíduos sólidos em suas residências, e dispor cada resíduo no seu devido local, para posterior destinação correta.

Ainda na reunião, surgiu a ideia de realizar a venda de todo material passível de reciclagem, ao invés de encaminhá-lo para a coleta seletiva. A venda desse material traria recursos para o condomínio, que poderiam ser investidos em melhorias ou para o pagamento de funcionários. É um item que será avaliado para o futuro.

Todos os materiais recicláveis serão acondicionados em containers que serão instalados dentro do condomínio residencial, e seu recolhimento será feito pela coleta seletiva municipal uma vez por semana, ou os resíduos recicláveis serão vendidos.

Os materiais considerados perigosos, também ficarão acondicionados no residencial, onde posteriormente serão encaminhados até a secretaria municipal de meio ambiente de Lajeado. Todo material considerado rejeito, será encaminhado para as lixeiras públicas municipais, que atualmente se encontram em frente ao condomínio residencial.

Com o presente estudo, fica evidenciado a eficácia que um processo de compostagem tem, pois, com ele, foi possível de eliminar cerca de 48% dos resíduos orgânicos do condomínio durante as semanas de estudo, que iriam diretamente para o aterro sanitário municipal. Além disso, os resíduos recicláveis aumentam consideravelmente sua porcentagem de reciclagem, visto que, o resíduo seco não entrando em contato com o material orgânico, pode ser facilmente reaproveitado.

Em um panorama municipal, segundo Lajeado (2019), o município de Lajeado gera hoje em média, 53 toneladas de resíduos, todos os dias. Partindo da média obtida nos estudos do condomínio residencial, que é de 48% de matéria orgânica, o município poderia compostar cerca de 25,44 toneladas de resíduos todos os dias, se todos os moradores da cidade tivessem uma composteira e realizassem a separação de seus resíduos domésticos.

Que o presente estudo não sirva apenas para a conclusão de curso, mas que também sirva como modelo educacional para moradores de outros condomínios, casas, cidades ou estados. Que todos possam visualizar, a partir deste e tantos outros estudos, a eficácia que é a compostagem no tratamento dos resíduos orgânicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBATANGELO, J. **Composting in the urban garden**. Horticulture, edition 69, 1991.

ABRAMOVAY, R. et al. **Lixo zero: Gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. Planeta sustentável, Instituto Ethos, São Paulo, 2013.

ALBERTIN, R. M. et al. **Proposta de ampliação do programa de coleta seletiva para o município de São Jorge do Ivaí no Estado do Paraná**. Revista Agro@mbiente On-line, Boa Vista, 2011.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2017.

ANDERSEN, J.K.; BOLDRIN, A.; CHRISTENSEN, T.H.; SCHEUTZ, C. **Greenhouse gas emissions from home composting of organic household waste**. Waste Manage, edition 30, 2010.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8419:1992**. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004**. Classificação dos Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11175:1990**. Incineração de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235:1992**. Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13591:1996**. Compostagem. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.



BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco - Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE, 2013.

BIAN, R., XIN, D., CHAI, X. **A Simulation model for estimating methane oxidation and emission from landfill cover soils**. Waste Manage, edition 77, China, 2018.

BIDONE, F. R. A; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, São Paulo: EESC – USP, 1999.

BRASIL. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos: manual de orientação**. Ministério do Meio Ambiente. Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo, Serviço Social do Comércio - Brasília, DF, 2017.

BLAHUSKOVA, V; VLCEK, J e JANCAR, D. **Study connective capabilities of solid residues from the waste incineration**. Journal of Environmental Management, edition 231, Czech Republic, 2019.

BLANCO, J. M.; COLÓN, J.; GABARRELL X.; FONT, X.; SÁNCHEZ, A.; ARTOLA, A.; RIERADEVALL, J. **The use of life cycle assessment for the comparison of biowaste composting at home and full scale**. Waste Management, edition 30, 2010.

BORTOLOTTI, A., KAMPELMANN, S., DE MUYNCK, S. **Decentralised organic resource treatments, classification and comparison through extended material flow analysis**. Journal of Cleaner Production, Edition 183, Belgium, 2018.

BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto substrato**. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes. Aracaju, 2008.

BUTT, T.E., GOUDA, H.M., BALOCH, M.I., PAUL, P., JAVADI, A.A., ALAM, A. **Literature review of baseline study for risk analysis - The landfill leachate case**. Environment International, edition 63, England, 2014.

CÂMARA MUNICIPAL DO SEIXAL. **Projecto Compostagem no Seixal: O Seu Guia da Compostagem**. Seixal: Câmara Municipal do Seixal, 2003.

CÂMARA MUNICIPAL DE ALCobaça. **Manual de compostagem doméstica**. 2013. Disponível em:

<[https://www2.dti.ufv.br/noticia/files/anexos/phpxh7fpL\\_4827.pdf](https://www2.dti.ufv.br/noticia/files/anexos/phpxh7fpL_4827.pdf)> Acesso em: 16 de março de 2019.

CAPAZ, Rafael S.; HORTA NOGUEIRA, Luiz **A. Ciências ambientais para engenharia**. 1. Ed. – Rio de Janeiro: Elseiver, 2014.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Aterro sanitário**. São Paulo: Cetesb, SMA, 1997.

CEMPRE - Compromisso Empresarial Para Reciclagem. Guia da coleta seletiva de lixo. 2ª edição, São Paulo, SP, 2014.

CHIABI, Lucas. Ciclo orgânico: **Um empreendimento social, de compostagem comunitária e gestão de resíduos**. Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 358, de 29 de abril de 2005. **Dispõe sobre o Tratamento e a Disposição Final dos Resíduos de Serviços de Saúde, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, 04 maio de 2005.

COSTA, M.S.S. de M. **Caracterização dos dejetos de novilhos super precoces: reciclagem energética e de nutrientes**. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, 2005.

COSTA, Alayne Moraes; ALFAIA, Raquel G. S. Marotta; CAMPOS, Juacyara Carbonelli. **Landfill leachate treatment in Brazil – An overview**. Journal of Environmental Management, edition 232, Brazil, 2019.

CUSTÓDIO, B.P. **Manual Prático de Compostagem**. Garibaldi: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2011.

CYPROWSKI, Marcin; LAWNICZEK-WALCZYK, Anna; GOLOFIT-SZYMCHAK, Malgorzata; FRANCZEK, Krzysztof; KOZDRÓJ, Jacek e GÓRNY, Rafal. **Bacterial aerosols in a municipal landfill environment**. Science of the Total Environment, edition 660, Poland, 2019.

DA SILVA, L.N. **Processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos sólidos agroindustriais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná.

DAI PRÁ, Marcos A; CORRÊA, Érico K; CORRÊA, Luciara B; LOBO, Marcio da S; SPEROTTO, Leandro; MORES, Edgar. **Compostagem como alternativa para gestão ambiental na produção de suínos**. Porto Alegre, RS: Evangraf Ltda, 2009.

DIAS, F. S. M.; VAZ, L. M. S. **Compostagem aeróbica: tratamento dado ao lixo gerado no campus da universidade estadual de Feira de Santana, Bahia**. Rio de Janeiro, ABES, 1996.

DURÁN MORENO, A. et al. **Características y análisis de composición de los residuos sólidos de la Ciudad de México**. Rev. Int. Contam. Ambient, México, 2013.

EPSTEIN, E., **The science of composting**. Lancaster: Technomic Publishing, 1997.

FADE. FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Relatório Final das Principais Rotas de Destinação de Resíduos Sólidos no Exterior e no Brasil. Grupo de Resíduos Sólidos, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

FARIA, F. S. **Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FERNANDES, F.; SILVA, S.M.S.P. **Manual prático para compostagem de bio sólidos**. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Ambiental e Sanitária, 1999.

FRÉSCA, Fábio Rogério Carvalho. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física**. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos. São Paulo, 2007.

FUREDY, C. **Reduzindo os Riscos para a Saúde do Uso do Lixo Orgânico Sólido Urbano**. Revista Agricultura Urbana. n.3, março, 2001.

GARCEZ, Lucília; GARCEZ, Cristina. **Lixo**. São Paulo, SP. Callis Editora Ltda, 1º edição, 2010.

GONÇALVES, Rúbia Cristina Martins. **A voz dos catadores de lixo em sua luta pela sobrevivência**. Dissertação Mestrado Políticas Públicas e Sociedade. UFSC, 2005.

GOOGLE MAPAS. 2019. Disponível em:  
<https://www.google.com/maps/place/Lajeado,+RS/@29.4490602,-52.0500927,12z/data=!4m5!3m4!1s0x951c61b96db00e9b:0xd2a1f815c9a57f8!8m2!3d-29.459582!4d-51.9649421>. Acesso em 29 de abril de 2019.

GUIDONI, L.L.C.; BITTENCOURT, G.A.; MARQUES, R.V.; CORRÊA, L. B.; CORRÊA, É. **Compostagem Domiciliar: Implantação e Avaliação do Processo**. Revista Tecno-lógica, volume 17, 2013.

HEIDEMANN, Bárbara R.; SILVA, Edilsa R.; SOARES, Marlene. BARBOSA, Valma M. **Compostagem Acelerada: Análise Microbiológica do Composto**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, edição 5, Cubatão, São Paulo, 2006.

HERBETS, R. A. et al. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos**. [S.l]. 2005.

HERBETS, R. A. COELHO, C. R. A.; MILETTI, L. C.; MENDONÇA, M. M. **Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos**. Revista Saúde e Ambiente. v.6. Junho, 2005.

HOORNWEG, D., BHADA-TATA, P. **What a Waste: Waste Management Around the World**. Word Bank, United States, 2012.

HOORNWEG, D., BHADA-TATA, P. **What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management**. Word Bank, United States, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro, 2011.

INÁCIO, C.T.; BETTIO, D.B.; MILLER, P. R. M. **Potencial de mitigação de emissões de metano via projetos de compostagem de pequena escala**. Resumo expandido. ANAIS (CDROM). I Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos, Vitória, Espírito Santo, 8 a 9 de outubro, 2009.

JUNKES, M. B. **Procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

KADER, N.A.E.; ROBIN, P.; PAILLAT, J.M. e LETERNE, P. **Turning, compacting and the addition of water as factors affecting gaseous emissions in farm manure composting**. Bioresource Technol, 2007.

KIEHL, Edmar. **Manual de Compostagem Maturação e Qualidade do Composto**. Ed. Ceres. Piracicaba, 1998.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4a ed. E. J. Kiehl. Piracicaba. 2004.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985.

KLIOPOVA, I.; STANEVICIUTE, K. **Evaluation of Green Waste Composting Possibilities**. Environmental Research, Engineering and Manage, edition 65, 2013.

KONRAD, Odorico. et al. **Caracterização dos resíduos sólidos domésticos: relatos exploratórios de um estudo comparativo**. Revista destaques acadêmicos, Lajeado, 2009.

KONRAD, Odorico. et al. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos destinados para uma central de triagem, compostagem e disposição final**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Lajeado, 2014.

KONRAD, Odorico; CASARIL, Camila; SCHMITZ, Michele. **Estudo dos resíduos sólidos domésticos de Lajeado/RS através da caracterização gravimétrica**. In: REVISTA DESTAQUES ACADÊMICOS, Lajeado, 2010.

KOWALSKI, Piotr T; KASINA, Monika e MICHALIK, Marek. **Metallic Elements Fractionation in Municipal Solid Waste Incineration Residues**. Energy Procedia, edition 97, Poland, 2016.

KULCU, R., YALDIZ, O. The composting of agricultural wastes and the new parameter for the assessment of the process. Ecological Engineering, edition 69, Turkey, 2014.

KUMAR, S., NEGI, S., MANDPE, A., SINGH, R.V., HUSSAIN, A. **Rapid composting techniques in Indian context and utilization of black soldier fly for enhanced decomposition of biodegradable wastes – A comprehensive review**. Journal of Environmental Management, edition 227, India, 2018.

Lajeado. Prefeitura Municipal de Lajeado. **Dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Lajeado**. Prefeitura de Lajeado, 2019.

Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

**Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

LIMA JR., R. G. S. **Estratégias de compostagem como pré-tratamento de resíduos sólidos orgânicos**. Tese de doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro RJ, Brasil. 2015.

LIMA, L.M.Q. **Tratamento de lixo**. 2. ed. São Paulo: Hemus, 1991.

MAKARICHI, Luke; JUTIDAMRONGPHAN, Warangkana e TECHATO, Kua-anan. **The evolution of waste-to-energy incineration: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, edition 91, Thailand, 2018.

MANSOR, M. T. C. et al. **Resíduos sólidos**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente - SMA, 2010.

MARQUES, M. HOGLAND, W. **Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas**. In: XXVIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2002. México.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e a proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. Universidade de São Paulo - São Carlos. 2008

McKENNEY, R. E. Refuse disposal. **Microbiology for Sanitary Engineers, New York**: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1962.

MEDEIROS, Rachel Araújo. **Sistema de compostagem escalável a partir de resíduos orgânicos oriundos de uma instituição de longa permanência para idosos**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFRN, Rio Grande do Norte, 2016.

MENEZES, Ricardo A. Amaral, Eng., M.S., Ph.D., José Luiz Gerlach, Eng.Mec. e Marco Antônio Menezes, Eng. Mec. ABLP Associação Brasileira de Limpeza Pública **“Estágio Atual da Incineração no Brasil”**. VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública 3 a 7 de Abril de 2000, Parque Barigui – Curitiba.

MIAO, Lei; YANG, Gangqing; TAO, Tao e PENG, Yongzhen. **Recent advances in nitrogen removal from landfill leachate using biological treatments – A review**. Journal of Environmental Management, edition 235, China, 2019.

MILLER, F.C. **Composting as a process based on the control of ecologically selective factors**. In: Meeting, F.B. Soil Microb. Ecol, 1992.

MODESTO FILHO, P. **Reciclagem da matéria orgânica através da vermicompostagem**. In: TEIXEIRA, B.A N.; TEIXEIRA, E.N; BIDONE, F. R.; GOMES,L.P.; ZANIN, M.; SAT, M.; MODESTO, P. F.; ZEILHOFER, P.; SCHALCH, V. Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 1999.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS. **O que é o movimento?** Disponível em: <[http://mncr.org.br.box\\_1/o-que-e-o-movimento](http://mncr.org.br.box_1/o-que-e-o-movimento)>. Acesso em 15 de novembro de 2019.

NAIME, Roberto. **Programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental**. Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo – RS, Eco Debate, 2010.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-6 - Equipamento de Proteção Individual**. 2009.

OBROUCKA, K. **Thermal Disposal and Energy Recovery of Waste**. VSB – Technical University of Ostrava, Czech Republic, 2003.

OSAKI, Flora. **Distribuição Espacial de Microorganismos e fertilidade em solos de dois ecossistemas florestais: Floresta ombrófila mista e povoamento florestal com Pinus Taeda L**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2008.

OZCAN, H.K., GUVENC, S.Y., GUVENC, L., DEMIR, D. **Municipal solid waste characterization according to different income levels: a case study**. Sustainability, edition 8, Turkey, 2016.

PASCHOALIN FILHO, João et al. **Comparação entre as Massas de Resíduos Sólidos Urbanos Coletadas na Cidade de São Paulo por Meio de Coleta Seletiva e Domiciliar**. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, [s.l.], v. 3, n. 3, p.19-33, 1 dez. 2014. University Nove de Julho. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5585/geas.v3i3.20>>. Acesso em 10 de março de 2019.

PECORA, Vanessa. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia Elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP - Estudo de Caso**. Dissertação de Mestrado - Programa Interunidades de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem – Processo de baixo custo**. Belo Horizonte: Fundo das Nações Unidas para a Infância, UNICEF, 1996.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. UFV. Viçosa, Minas Gerais, 2007.

REICHERT, Geraldo Antônio; MERSONI, Cristina. **Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS**. Revista Eng. Sanit. Ambient., Garibaldi, 2017.

REIS, M.P.F. **Aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Básico Ambiental. Universidade Federal da Bahia, Salvador - BA, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/7653>. Acesso em: 15 de março de 2019

RENOU, S., GIVAUDAN, J.G., POULAIN, S., DIRASSOUYAN, F., MOULIN, P. **Landfill leachate treatment: review and opportunity**. Journal of Hazardous Materials, edition 150, France, 2008.

REZENDE, J. H. et al. **Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP)**. Revista Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, 2013.

RYNK, R. **On-farm composting handbook**. NRAES, Ithaca, NY, 1992.

TAN, S.T., LEE, C.T., HASHIM, H., HO, W.S., LIM, J.S. **Optimal process network for municipal solid waste management in Iskandar Malaysia**. Journal of Cleaner Production, edition 71, Malaysia, 2014.

TATÀNO, F., PAGLIARO, G., DI GIOVANNI, P., FLORIANI, E., MANGANI, F. **Biowaste home composting: experimental process monitoring and quality control**. Waste Manage, edition 38, Italy, 2015.

VALENTE, B.S.; XAVIER, E.G.; MORSELLI, T.B.G.A.; JAHNKE, D.S., BRUM Jr, B.S.; CABRERA, B.R.; MORAES, P. O.; LOPES, D.C.N. **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos**. Arquivos de Zootecnia, 2009.



**UNIVATES**

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000  
[www.univates.br](http://www.univates.br) | 0800 7 07 08 09